



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

Estudio ambiental del cultivo de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala, Cañete-Perú

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias Ambientales
con mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental del Territorio

AUTOR

Carmen del Pilar FIGUEROA VÁSQUEZ

ASESOR

Mg. César Augusto CÓRDOVA CASTAÑEDA

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Figuerola, C. (2020). *Estudio ambiental del cultivo de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala, Cañete-Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código ORCID del autor	“—”
DNI o pasaporte del autor	09386959
Código ORCID del asesor	0000-0002-9613-7866
DNI o pasaporte del asesor	06563003
Grupo de investigación	“—”
Agencia financiadora	Financiamiento propio
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	<p>Abarco 4 distritos de la cuenca del río Mala, pertenecientes a la provincia de Cañete-Lima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mala: Latitud 12°40'47.25"S, Longitud 76°37'29.70"O • Calango: Latitud 12°26'28.78"S, Longitud 76°25'35.64"O • San Antonio: Latitud 12°38'8.67"S, Longitud 76°38'50.30"O • Santa Cruz de Flores: Latitud 12°35'3.31"S, Longitud 76°37'22.42"O
Disciplinas OCDE	<p>Ciencias del medio ambiente http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p> <p>Investigación climática http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.10</p> <p>Ciencia del Suelo http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.04</p> <p>Agricultura http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.01</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintiún días del mes de enero del 2020, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 929/UPG-FIGMMG/2019 del 20 de diciembre del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«ESTUDIO AMBIENTAL DEL CULTIVO DE MANZANA VARIEDAD DELICIA, EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO MALA, CAÑETE-PERÚ»

Que, presenta la Bach. **CARMEN DEL PILAR FIGUEROA VÁSQUEZ**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 06358-FIGMMG-2013 del 26 de agosto del 2013, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación y la calificación de la Tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:

..... Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO** a la Bach. **CARMEN DEL PILAR FIGUEROA VÁSQUEZ**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Presidente

MG. NORA ROSA CONCEPCIÓN MALCA CASAVILCA
Secretario

MG. ALEX LÁZARO TINEO BERMÚDEZ
Miembro

MG. CÉSAR AUGUSTO CÓRDOVA CASTAÑEDA
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres: Aquiles y Gladys (+).

Por su invalorable esfuerzo en brindarme una formación cultural y profesional, respetando principios e ideales.

“Si queremos mantenernos y prosperar en este planeta tenemos que reconciliar nuestras necesidades con los límites de la biosfera.”

Vaclav Smil

AGRADECIMIENTOS

El culminar la presente tesis ha sido posible gracias al apoyo de personas e instituciones que desinteresadamente colaboraron en este proyecto, especialmente mi asesor de tesis César Córdova por brindarme sus orientaciones y apoyo constante. A la Unidad de Post Grado de Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica por las enseñanzas recibidas durante la maestría. A instituciones como la Cooperación Técnica Belga por brindarme las facilidades de realizar mi maestría, al Instituto Huayuná y SENAMHI por brindarme su información técnica. A los agricultores de la cuenca del río Mala que colaboraron para realizar la investigación principalmente Lupe Huambachano, Charito Francia y Luis Chumpitaz. Así como a mi familia y amigos que motivaron a culminar.

**ESTUDIO AMBIENTAL DEL CULTIVO DE MANZANA VARIEDAD
DELICIA, EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO MALA,
CAÑETE-PERÚ.**

Í N D I C E G E N E R A L

Pág.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática.....	01
1.2. Formulación del problema.....	03
1.3. Justificación teórica.....	04
1.4. Justificación práctica	05
1.5. Objetivos.	
1.5.1. Objetivo general.....	06
1.5.2. Objetivos específicos	06
1.6. Hipótesis.	
1.6.1. Hipótesis general	06
1.6.2. Hipótesis específicas	07

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación	08
2.2. Antecedentes de investigación	13
2.3. Bases teóricas	18
2.3.1. Zona de estudio	18
2.3.2. Cultivo del manzano, características de producción y comercialización	25
2.3.3. El fenómeno El Niño, su influencia en la agricultura	30
2.3.4. Cambio climático, estimaciones del impacto en la agricultura	33

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología variable climática	38
3.2. Metodología variable física.....	40
3.3. Metodología variable social.....	42

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	44
4.1.1 Variable clima: temperatura y humedad relativa	44
4.1.1.1. Comportamiento térmico	44
4.1.1.1.1. Temperatura media (promedio)	45
4.1.1.1.2. Temperatura mínima	48
4.1.1.1.3. Temperatura máxima	51
4.1.1.1.4. Amplitud térmica	54
4.1.1.2. Comportamiento de la humedad relativa.....	57
4.1.2. Variable física: características edafológicas	60
4.1.3. Variable social: características campesinas	64
4.2. Prueba de hipótesis	81
4.3. Presentación de resultados.....	82
4.3.1. Variable climática	82
4.3.1.1 Comportamiento térmico en las estaciones meteorológicas de la cuenca.....	82
4.3.1.2 Comportamiento térmico en presencia del fenómeno El Niño de 1997-1998	86

4.3.1.3 Comportamiento de la humedad relativa en las estaciones meteorológicas de la cuenca.....	90
4.3.2. Variable física	93
4.3.3. Variable social	99
4.3.3.1 Características similares en la población de agricultores	99
4.3.3.2 Características diferentes en la población de agricultores	107
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	126
MAPAS	143

LISTA DE ANEXOS

	<u>Pág.</u>
01. Formaciones ecológicas, sistema de clasificación de zonas de vida, Holdridge	126
02. Los principales 50 países productores de manzanas (t)	127
03. Principales países importadores de manzana (t).	128
04. Producción de manzanas por variedad en EEUU (x 1,000 t)	129
05. Tabla de interpretación de análisis de suelos.	130
06. Análisis de agua, muestreo huerta N°13.....	132
07. Encuesta social realizada.....	133
08. Prueba de normalidad, data histórica de la temperatura media mensual	135
09. Estación Santa Enriqueta, estadísticos descriptivos de la temperatura media data histórica y la media de 1997 - 1998	136
10. Estación Capilla 2, estadísticos descriptivos de la temperatura media data histórica y la media de 1997 – 1998	137
11. Estación Santa Enriqueta, prueba de normalidad de la temperatura media data histórica y la media de 1997-1998	138
12. Estación Capilla 2, prueba de normalidad de la temperatura media data histórica y la media de 1997-1998.....	139
13. Estaciones Capilla 2 y Huarochirí, prueba de normalidad de los datos históricos de la humedad relativa media	140
14. Zonas media y baja de la cuenca, estadísticos descriptivos de la valoración de la calidad de suelos	141
15. Detalle de encuestas realizadas según zona, distrito y género.....	142

LISTA DE TABLAS

Pág.

01. Análisis de calidad del agua de riego, muestreo de 7 puntos en el río Mala.....	24
02. Conversión de los valores de temperatura horaria °C a UF (Unidades Frío).....	27
03. Densidades en huertas de manzana	28
04. Descripción de la condición del indicador en el sistema semáforo.....	41
05. Temperatura media (°C) de las estaciones meteorológicas.....	45
06. Principales estadísticos descriptivos, temperatura media (°C).....	47
07. Temperatura mínima (°C) de las estaciones meteorológicas.....	49
08. Principales estadísticos descriptivos, temperatura mínima \bar{x} (°C)	50
09. Temperatura máxima (°C) de las estaciones meteorológicas	52
10. Principales estadísticos descriptivos, temperatura máxima \bar{x} (°C)	53
11. Amplitud térmica (°C), data histórica.....	55
12. Principales estadísticos descriptivos, amplitud térmica \bar{x} (°C).....	56
13. Humedad relativa (%), data histórica	59
14. Principales estadísticos descriptivos, humedad relativa (%)	59
15. Resultado del análisis de caracterización de suelos de las huertas muestreadas.....	63
16. Rango de edades.....	65
17. Grado de instrucción	67
18. Ciclo familiar	68
19. Dimensión de huerta	68

	<u>Pág.</u>
20. Tenencia de tierra	69
21. Prioridad en el trabajo	70
22. Servicio de agua potable.....	71
23. Servicio de luz eléctrica	72
24. Servicio de desagüe.....	72
25. Servicio de teléfono.....	73
26. Acceso transporte público.....	74
27. Asignación del agua de riego.....	75
28. Cultivo más importante	76
29. Capacidad de inversión.....	77
30. Opinión del fenómeno El Niño de 1997-1998 en el rendimiento de la manzana variedad Delicia	77
31. Opinión del principal efecto perjudicial del fenómeno El Niño de 1997- 1998.....	78
32. Opinión del agricultor sobre su reacción al pronóstico de un futuro fenómeno El Niño	79
33. Opinión sobre alteración del clima local periodo 2007 - 2017	80
34. Temperatura (C°) media	82
35. Humedad relativa (%) media.....	91
36. Parámetros de calidad de suelos, convertidos a la valoración del sistema semáforo de las veinte muestras de suelo	96

LISTA DE GRÁFICOS

	<u>Pág.</u>
01. Distribución de la población según distrito	19
02. Población urbana y rural según distrito	19
03. Área cultivada según cultivo agrícola	21
04. Área (ha) destinada a la producción de manzana según distrito	22
05. Comportamiento anual, temperatura media (\bar{x})... ..	46
06. Comportamiento anual de las temperaturas mínimas (\bar{x})... ..	51
07. Comportamiento anual, temperatura máxima (\bar{x})... ..	53
08. Comportamiento anual, amplitud térmica (°C)	57
09. Comportamiento anual de la humedad relativa (%) media	60
10. Dispersión de datos entre estaciones, temperatura (°C) media, prueba de correlación	85
11. Santa Enriqueta, temperatura máxima y mínima	87
12. Capilla 2, temperatura máxima y mínima.....	89
13. Dispersión de datos entre estaciones, humedad relativa (%) media, prueba de correlación	92
14. Diagrama de cajas, valoración de calidad de suelos	98

LISTA DE MAPAS

Mapa 01: Delimitación de la cuenca del río Mala.

Mapa 02: Estudio edafológico de la textura.

Mapa 03: Geomorfología de la zona de estudio.

Mapa 04: Geología de la zona de estudio.

RESUMEN

El estudio se ubica geográficamente en las zonas baja y media de la cuenca del río Mala, en la provincia de Cañete. Se realizó para determinar la influencia de los factores climáticos, físicos y sociales en la supeditación del desarrollo del cultivo de manzano variedad Delicia. Para determinar el comportamiento de la temperatura y humedad relativa, se monitorearon tres estaciones meteorológicas correspondientes a las zonas media y baja de la cuenca; se incorporó una cuarta estación en la zona alta, donde no se cultiva manzana por razones climáticas, pero es de interés para el estudio. Se tomaron muestras compuestas de suelos en 20 huertas de manzano, para desarrollar el análisis de caracterización y fertilidad de suelos. En las características sociales, se consideró el enfoque de medios de vida sostenible, para desarrollar 100 encuestas dirigida a agricultores y distinguir sus condiciones de vida y trabajo.

Los resultados muestran que las zonas productoras de manzano tienen una temperatura media anual de 17.1 a 21.5°C; con un comportamiento térmico correlacionado; la zona baja de la cuenca tiene la menor amplitud térmica, siendo por ello más vulnerable a un incremento de temperatura. La humedad relativa tiene una media anual de 82.05%. Los suelos de la zona media y baja de la cuenca son de fertilidad media, no existen diferencias estadísticas entre ambas zonas de estudio. La actividad agrícola es realizada principalmente por agricultores instruidos (secundaria o profesionales), adultos en su mayoría ancianos, con familias senescente (con hijos mayores e independientes), cuya principal actividad es la agrícola y disponen del terreno agrícola propio. Se concluye que actualmente los factores climáticos, físicos y sociales son favorables para el desarrollo de la producción del manzano variedad Delicia en las zonas baja y media de la cuenca del río Mala. La amenaza del cambio climático modificaría la distribución geográfica de las actuales áreas de producción de manzana variedad Delicia, mermando el rendimiento en la zona baja de cuenca y favoreciendo las condiciones de cultivo hacia zonas más altas en la cuenca.

Palabras claves: Manzana - Clima - Suelo - Agricultor - Cambio de clima.

ABSTRACT

The study is located geographically in the lower and middle areas of the Mala River basin, in the province of Cañete. It was carried out to determine the influence of climatic, physical and social factors on the sub

ordination of the development of the Delicia variety apple cultivation. To determine the behavior of temperature and relative humidity, three meteorological stations corresponding to the middle and lower zones of the basin were monitored; a fourth station was incorporated in the upper zone, where apple is not grown for climatic reasons but is of interest for the study. Composite samples of soils were taken in 20 apple orchards, to develop soil characterization and fertility analysis. In social characteristics, the sustainable livelihoods approach was considered, to develop 100 surveys directed at farmers and characterize their living and working conditions.

The results show that the apple growing areas have an average annual temperature of 17.1 to 21.5 ° C; with a correlated thermal behavior; the lower area of the basin has the lowest thermal amplitude, which is why it is more vulnerable to an increase in temperature. The relative humidity has an annual average of 82.05%. The soils of the middle and lower zone of the basin are of medium fertility, there are no statistical differences between the two study areas. The agricultural activity is mainly carried out by educated farmers (secondary or professional), adults mostly elderly, with families senescent (with older and independent children), whose main activity is agriculture and have their own agricultural land. It is concluded that currently the climatic, physical and social factors are favorable for the development of the Delicia variety apple tree production in the lower and middle zones of the Mala river basin. The threat of climate change would modify the geographical distribution of the current Delicia variety apple production areas, reducing the yield in the lower basin area and favoring the conditions for its cultivation towards higher areas in the basin.

KEYWORDS: Apple - Climate - Soil - Farmer - Climate change.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación problemática

Se señala a la inseguridad alimentaria como una de las mayores amenazas en el desarrollo humano, las estrategias de seguridad alimentaria, tienen como base la productividad agrícola (PNUD, 2013). La capacidad de producir alimentos y autoabastecerse hace menos vulnerable esta amenaza en un país. El conocimiento de las diferentes variables que involucra la producción de alimentos es de importancia en la planificación a mediano y largo plazo, así como su contextualización en las áreas geográficas dedicadas con tales fines. En nuestro país tenemos dos orientaciones, una agricultura industrializada con proyectos de irrigación y agro-exportadora como Chavimochic cuyo destino final son los mercados internacionales; y una pequeña agricultura de trabajo familiar, cuya producción abastece de alimentos los mercados locales, como la producción de manzana en Mala.

La agricultura enfrentará nuevos retos las futuras décadas, el cambio climático afectará de manera directa a la actividad agrícola, siendo necesarios estudios que determinen las consecuencias de este cambio y las posibles acciones para paliar su efecto (Dapena & Fernandez, 2006). El Perú es uno de los diez países más vulnerables ante eventos climáticos, debido a que muestra una gran fragilidad en presencia de variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas cuando se presenta el fenómeno El Niño (Vargas, 2009). Recientes estudios

indicarían que los escenarios frente al cambio climático incluyen un aumento de la frecuencia de estrés por calor, sequías y eventos de inundación que reducen los rendimientos de los cultivos (Easterling & Aggarwal, 2007).

Los valles de la costa peruana tienen un clima benigno, con tierras fértiles para realizar las actividades hortícolas y frutícolas; ancestralmente se cultivaron gran diversidad de especies comestibles, incrementándose con las especies introducidas durante la colonia y república; pero el agua es un tema central en el Perú, en la medida que el 90 % de su población está asentada entre zonas hiperáridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas. (Torres-Guevara, 2011). La ciudad de Lima concentra a una población de más de 8 millones de personas, tiene una precipitación pluvial promedio de 7 mm/año, esto pone a la capital en la categoría de „desierto hiperárido“ (Lizarzaburu, 2018).

Caracterizar las actuales condiciones ambientales en las cuales se desarrollan los cultivos, así como evidenciar cómo se comportan frente a cambios, es necesario para asumir estrategias frente al reto del cambio climático en la agricultura peruana. Se requiere abordar los estudios desde una perspectiva amplia, desde la mirada agro-ecológica que toma en cuenta las complejidades físicas, culturales, climáticas entre otras inmersas en la realidad agrícola. El presente estudio se ubica geográficamente en la cuenca del río Mala, toma como especie de estudio la manzana (*Pyrus malus L.*) variedad Delicia, en los distritos de la cuenca del río Mala, pertenecientes a la provincia de Cañete en el departamento de Lima.

Aproximadamente cinco mil familias en la cuenca del río Mala, son las que se dedican a la producción de manzana, sin considerar las personas que desarrollan la actividad comercial (De Tomas & Peralta, 1994). A nivel mundial la manzana es la tercera fruta más cultivada, con una producción global de unos 60 millones de toneladas anuales (Sugiura, Mariguchi,

Ogawa, & Fukuda, 2013). Las principales áreas de producción del cultivo manzano están en zonas de clima templado, sin embargo en Perú se ha adaptado al trópico y es cultivado en nuestras condiciones ambientales de costa semiárida. Al ser un cultivo caducifolio (requiere horas de frío) evidenciará variaciones en su producción, producto de un clima cambiante en las futuras décadas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida los factores climáticos, físicos y sociales condicionan el desarrollo de la producción de la manzana variedad Delicia, principal cultivo en la cuenca media y baja del río Mala?

1.2.2 Problemas específicos

Problema específico 1. ¿Cómo los factores climáticos (temperatura y humedad relativa) que condicionan la producción del cultivo de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala?

Problema específico 2. ¿Cómo son los factores físicos referidos a la calidad de suelos que condicionan la producción de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala?

Problema específico 3. ¿Se desconoce cuáles son las principales características sociales (comunes y diferentes) de los agricultores de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala?

1.3 Justificación teórica

El propósito del estudio es generar una reflexión académica y contribuir al conocimiento ambiental existente sobre las principales condiciones que permiten el desarrollo del cultivo del manzano variedad Delicia, analizando las condiciones de la cuenca del río Mala en la provincia de Cañete donde se produce actualmente. El análisis desde la perspectiva de cuenca permite ampliar la mirada hacia un estudio que contemple además del medio físico donde se desarrolla la actividad productiva, la identificación de las principales características sociales de la población que lleva a cabo la actividad, así como las condiciones climáticas (rangos de temperaturas y humedad relativa) que permiten se produzca el cultivo del manzano variedad Delicia en las zonas media y baja de la cuenca del río Mala, ambas zonas pertenecen a distritos de la provincia de Cañete.

El estudio considera importante sistematizar las condiciones ambientales donde se desarrolla un frutal caducifolio perenne como la manzana, debido a que esta siembra se realiza en un margen estrecho de adaptabilidad y la amenaza del cambio climático en este tipo de cultivos introducidos es mayor para las condiciones de producción.

Ante la incertidumbre de las consecuencias que genere el cambio climático sobre la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, el estudio brinda información actual que permite visualizar si las amenazas que se ciernen sobre la producción en el cultivo del manzano son tales. La sistematización de la experiencia además contribuye a brindar información sobre la cual se pueden orientar otras investigaciones que guíen a los agricultores sobre los cambios que puedan afectar a su producción y por lo tanto, su economía familiar en el futuro.

1.4 Justificación práctica

El estudio pretende sistematizar las principales condiciones ambientales actuales en las que se desarrolla el cultivo del manzano variedad Delicia en la zona media y baja de la cuenca del río Mala; frente a un clima cambiante y considerando el cultivo de manzano vulnerable al incremento de temperaturas, es necesario conocer los rangos de temperaturas, humedad relativa, condiciones edáficas y características sociales en las que actualmente se desarrolla la producción de manzana variedad Delicia en la cuenca del río Mala; solo así, será posible proponer estrategias en la cuenca frente a los cambios ambientales previstos para el siglo XXI.

El presente estudio brindará información ordenada sobre las condiciones actuales del territorio donde se realiza el cultivo del manzano, identificando las principales características físicas de los suelos, sociales y climáticas, que lo permiten.

Aproximadamente son cinco mil familias las dedicadas a este cultivo en la cuenca del río Mala, sin embargo, ante la posibilidad real de un clima cambiante, no cuentan con información sistematizada que les permita disponer de alternativas bajo una mirada de desarrollo de cuenca que minimice su incertidumbre. El manzano es un cultivo perenne, los costos de instalación son mayores en comparación con un cultivo anual, la recuperación la inversión es a mediano plazo, debido al inicio de la cosecha comercial: al quinto año, con una vida útil del cultivo de 25 años. Por ello, en un contexto de clima cambiante, la información que minimice los riesgos de esta inversión será valiosa para la economía de las familias involucradas en su producción.

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general*

Determinar los factores climáticos, físicos y sociales que condicionan el desarrollo de la producción del cultivo de la manzana variedad Delicia, principal cultivo en la cuenca media y baja del río Mala.

1.5.2 *Objetivos específicos*

Objetivo específico 1. Determinar las características climáticas (temperatura y humedad relativa) donde se desarrolla el cultivo de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala.

Objetivo específico 2. Determinar las principales características físicas, la edafología de los huertos donde se produce manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala.

Objetivo específico 3. Determinar las principales características sociales de los agricultores de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala.

1.6 Hipótesis

1.6.1 *Hipótesis general*

Los factores climáticos, físicos y sociales son favorables para la producción de la manzana variedad Delicia en la cuenca baja y media del río Mala.

1.6.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1. Las características climáticas (temperatura y humedad relativa) en la cuenca media y baja del río Mala, permiten la producción comercial de manzana variedad Delicia, su variación hace vulnerable la productividad.

Hipótesis específica 2. Las características físicas, la edafología del suelo en la cuenca baja y media del río Mala son similares y adecuados para la producción de manzana variedad Delicia.

Hipótesis específica 3. Las características sociales (edad, educación, ciclo familiar, acceso a servicios públicos, dimensión de huerta, tenencia de huerta, prioridad en el trabajo, acceso a agua de riego), de los agricultores de manzana variedad Delicia en la cuenca baja y media del río Mala, son similares.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación

Se menciona que la epistemología estudia a la investigación científica y al producto que se obtiene de esta investigación, siendo ésta una rama de la filosofía; mientras que, el método científico es un procedimiento que se aplica a la ciencia. La epistemología trata sobre cómo la ciencia explica, predice y controla la naturaleza, desarrollando los tipos de razonamiento utilizados para llegar a las conclusiones (Hurtado-Dianderas E. , 2006).

Así para desarrollar eficientemente la producción agrícola, se necesita del conocimiento de las condiciones agronómicas, del ambiente físico y meteorológico, a la ciencia que estudia la interacción de los conocimientos antes mencionados se la denomina agrometeorología; su objetivo es mejorar la producción sin perder de vista la conservación de los recursos naturales. Para ello se realiza la preparación y distribución de pronósticos especiales sobre riesgos del clima que afectan las actividades agrícolas (Murphy, 2013). Los datos meteorológicos requeridos son tomados en las estaciones meteorológicas, instalaciones dedicadas a medir, registrar y observar regularmente variables meteorológicas, en concordancia a las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial, necesario para llevar a cabo un proceso de uniformización y homogenización de métodos de observación meteorológica (SENAMHI, 2013a).

Las principales variables meteorológicas que registran el clima en un tiempo determinado son: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento y horas de sol.

El control de calidad de los datos hidrometeorológicos utiliza herramientas estadísticas, desarrolladas para realizar comparaciones entre las variables de las estaciones meteorológicas cercanas, con sus respectivas correlaciones y otros estadísticos (SENAMHI, 2013b).

Diversos estudios aplican el análisis de regresión como un método estadístico para distintas áreas del conocimiento. La División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco realizó el monitoreo en tres estaciones meteorológicas en la zona norte del estado de Chiapas, aplicando la correlación de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en su estudio (Ramos, Bautista, & Valdez, 2010).

El SENAMHI en Perú emplea el método propuesto por Ninyerola, basado en técnicas de regresión lineal múltiple y de interpolación espacial de los datos provenientes de las estaciones meteorológicas para la espacialización de las temperaturas máxima, mínima y de rocío. Las variables independientes escogidas para la ecuación de regresión lineal múltiple son la longitud, latitud y altura de la estación, siendo muy eficientes para interpolar variables que tienen influencia directa con la altura, como es el caso de la temperatura (SENAMHI, 2013c).

En una región productora de manzana en China, se utilizaron múltiples análisis estadísticos, programas lineales y tecnología informática para hallar los factores meteorológicos óptimos y las divisiones climáticas, que permitan obtener los valores óptimos y el esquema de los principales factores meteorológicos que afectan los componentes de calidad de las diferentes variedades de manzanas (Wei, Zhang, Mao, & Li, 2003). Metodología también empleada para estudiar el cambio de temperatura del aire en la región de Guanzhong en los últimos 48 años, utilizando los métodos de índice de tendencia climática y análisis regresivo lineal (Shi & Xie, 2014).

La necesidad de evaluar los sistemas de manejo de los recursos naturales, requiere partir de un conjunto de principios básicos sobre el comportamiento de los sistemas, incorporando aspectos ambientales, sociales y económicos. La evaluación necesita definir los atributos de los sistemas a determinar; se debe diagnosticar los puntos críticos seleccionando los indicadores estratégicos que permitan realizar una valoración, identificando las limitaciones o fortalezas, así como la capacidad de los sistemas de mantenerse en el tiempo. Las principales características a evaluar en los agroecosistemas son las biofísicas (clima, suelo, características fisiográficas y vegetación), de tecnología y manejo, como también las socioeconómicas y culturales (Maserá & López-Ridaura, 2000).

En la evaluación de los agroecosistemas se proponen metodologías para estimar la calidad del suelo y la salud de un cultivo, utilizando indicadores sencillos. En base a la estimación de los indicadores, el productor y el investigador pueden determinar el estado agroecológico de la plantación. Con los valores obtenidos para cada indicador se construyen diagramas tipo "ameba", que permiten visualizar el estado general de la calidad del suelo y la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10, óptimo) el sistema es más sostenible. La metodología, aunque fue diseñada para café, es aplicable a otros agroecosistemas. Además permite estimar la sostenibilidad en forma comparativa o relativa, monitoreando la evolución de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferente manejo (Altieri & Nicholls, 2002).

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt emplea para la evaluación de los sistemas agrícolas, el uso de indicadores de diagnóstico, a los cuales califica una situación en la finca y se le asigna un color como señal o alerta. Así el color verde indica un diagnóstico óptimo del indicador en la huerta, el naranja una situación regular y el rojo indica un diagnóstico deficiente (Cammaert, Palacios,

Arango, & Calle, 2007). Esta herramienta se ha empleado para entender los principios y/o mecanismos que explican la resiliencia de la finca y cómo el manejo agroecológico puede ayudar a mejorar la adaptación de las fincas a variaciones climáticas adversas que cada vez más afectan la agricultura; se ha denominado “Sistema de semáforo” al uso de esta herramienta, visualmente didáctica que asigna colores para calificar la situación del indicador (Henao, Altieri, & Nicholls, 2017). Otros estudios incorporan un valor numérico a la escala de colores asignados al indicador, así un indicador con estimación deficiente se le asigna el color rojo y un valor mínimo de uno, e indicaría un punto crítico de las características geomorfológicas y edáficas evaluadas; una estimación favorable se le asigna el color verde y el valor máximo de cinco (Córdova & León, 2013).

Para diagnosticar el suelo en los sistemas agrícolas, debemos aproximarnos al nuevo concepto del suelo introducido por la escuela rusa dirigida por Dokuchaiev. Los suelos se conciben como cuerpos naturales e independientes, cada uno con una única morfología resultante de una combinación única de clima, materia viva, el material parental, el relieve y edad de los accidentes geográficos (USDA, 1999). La fertilidad del suelo está determinada por la naturaleza de los componentes con que se ha formado y cambia debido a las modificaciones físicas, químicas y biológicas que le ocurren en forma constante tanto por la aradura, la fertilización, la lluvia, el viento y la temperatura (Lesur, 2014). Por tanto, el sistema vivo suelo es susceptible a ser evaluado de acuerdo a los parámetros estudiados en la ciencia del suelo.

En el marco de la evaluación de proyectos agrícolas sustentables, se requiere la determinación de integrar el análisis tanto de los procesos ambientales como de los fenómenos socioeconómicos en un esfuerzo multicriterio (Maser & López-Ridaura, 2000). Para ello, un enfoque integrador es la metodología de los medios de vida sostenible (MVS). Como enfoque se concibió en los años ochenta, en el ámbito de las actividades de

investigación y educación sobre sistemas de producción agrícola y se cristalizó como tal a finales del decenio de 1990 en el marco del Departamento de Desarrollo Internacional (DFID). Son varias las organizaciones que han utilizado el enfoque de los medios de vida sostenible, por ejemplo con fines de programación ha sido empleado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); CARE lo ha empleado para el análisis, diseño, seguimiento y evaluación de la programación de su institución; y la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI) lo ha empleado para integrar la sostenibilidad medioambiental. Así mismo, el programa de apoyo a los modos de vida sostenibles de la FAO ha realizado estudios de casos con este enfoque en Bangladesh, Bolivia, Camboya, Etiopía, Honduras, Pakistán, entre otros (Neely, Sutherland, & Johnson, 2004).

Los medios de vida sostenible, propone una visión de desarrollo con énfasis en las personas, enraizada en sus realidades rurales. Entre las teorías que dieron origen al enfoque, destacan los estudios a nivel de comunidad de la economía agrícola y geográfica que se iniciaron en la década de 1970 y que dieron origen en 1980 a los estudios a nivel de hogares y unidades de producción, a las cuales se sumaron el análisis de agroecosistemas y los enfoques de diagnóstico rural rápido y participativo. Los medios de vida sostenible se definen como las capacidades, los activos o recursos sociales, materiales y actividades requeridas para satisfacer una forma de vida; estos medios son sostenibles cuando son resilientes ante el estrés y se mantienen o mejoran sin erosionar la base de recursos naturales. Los medios de vida sostenible no pretenden proporcionar una representación exacta de la realidad, sino una visión del modo de vida de las poblaciones menos favorecidas (Chambers & Conway, 1992).

Los medios de vida son todas aquellas capacidades (aptitudes y talentos), recursos (económicos, físicos, naturales, humanos y sociales) y actividades (incluyendo la generación de empleo e ingresos), que una población tiene y

utiliza para buscar su bienestar y una mejor calidad de vida. Denominamos sostenibles a estos medios de vida cuando pueden afrontar el cambio (desastres naturales, cambios climáticos y económicos), recuperarse de sus efectos y continuar mejorando las condiciones de vida, sin debilitar la base de recursos naturales. Los medios de vida son sostenibles cuando las comunidades los pueden usar armoniosamente en la construcción de su bienestar actual, sin afectar las posibilidades de las generaciones futuras. El enfoque de medios de vida sostenibles permite analizar cómo una población o comunidad está desarrollando sus recursos para vivir (Gottret, 2011).

2.2 Antecedentes de la investigación

Diversas investigaciones empiezan a preocuparse por reportar y estimar los efectos del cambio en el clima para la producción del manzano, se prevé modificaciones a fines del presente siglo en áreas geográficas donde tradicionalmente se ha cultivado el manzano por décadas.

En España, el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Asturias, registró que la evolución de la temperatura media anual en las tres últimas décadas se incrementó en la región 0,5 °C por década, con un aumento más elevado en los meses de primavera-verano que en los de otoño-invierno. Las consecuencias fueron un adelanto de la floración, mayor incidencia de plagas y el descenso de la precipitación, que en la última década está por debajo de la evapotranspiración teórica calculada. Esta evolución implica una mediterrización del clima. Se propone utilizar portainjertos con mayor capacidad para captar agua, cambiando a especies con un sistema radicular más profundo, en especial para terrenos de ladera. La irrigación de apoyo puede convertirse en una necesidad para el cultivo del manzano en Asturias (Dapena & Fernandez, 2006).

En Japón, la Organización Nacional de Agricultura y de Investigación Alimentaria (NARO) llegó a la conclusión que las manzanas de hoy son diferentes, en cuanto a sabor y textura a las manzanas consumidas en 1970. Sobre la base de 30 y 40 años de registros de manzanas Fuji y Tsugarus, se compararon pruebas de sabor y textura, atributos de las manzanas que se han modificado como resultado del cambio en el clima. La firmeza y concentración de ácido málico (que da la intensidad de sabor en la manzana) han disminuido lentamente durante décadas, independientemente del índice de madurez utilizado para la cosecha. Todos los cambios pueden haber resultado del adelanto en la floración y temperaturas más altas durante el período de maduración. Estos resultados sugieren que las cualidades de las manzanas en el mercado están experimentando cambios a largo plazo (Sugiura, Mariguchi, Ogawa, & Fukuda, 2013).

Para comprender la relación entre la temperatura y la calidad de la fruta en las manzanas, se evaluaron tres variedades de manzana: 'Jonathan', 'Golden Delicious' y 'Fuji', injertadas en el portainjerto M7; cultivadas en 13 lugares diferentes desde Hokkaido hasta Kyushu en Japón. Las frutas maduras fueron enviadas a la Universidad de Kioto, donde se evaluaron sus características de calidad. El contenido de antocianinas en la piel de la fruta de la variedad 'Jonathan' se correlacionó negativamente con la suma de calor solo en esta variedad. En todos los cultivares, la composición del azúcar en la pulpa mostró una alta correlación con la suma de calor, cuanto menor es la suma de calor, más sacarosa y menos glucosa acumulada en la pulpa de la fruta (Tomana & Yamada, 1987).

En Corea del Sur, se realizó un estudio durante tres años (2007, 2009 y 2010) para investigar los cambios en la calidad de la fruta durante la maduración en la manzana 'Fuji' en la región de Daegu, con una temperatura elevada en su maduración durante la temporada de otoño. Durante el período de maduración, el mal color fue un problema para la manzana 'Fuji'

en la región de Daegu por la alta temperatura del aire (Sagong, Kweon, Song, Park, Kang, & Yoon, 2013).

También se han realizado investigaciones en el cultivo del manzano, para evaluar los efectos de determinadas labores culturales agronómicas realizadas por el hombre para favorecer el color en la fruta. Un estudio sobre los efectos de la eliminación de hojas alrededor de la fruta, para favorecer la calidad de la manzana variedad “Fuji rojo”; muestra que cuando se eliminan las hojas a 15, 30 y 45 cm de distancia de la fruta, el ambiente liviano alrededor de la fruta mejora la intensidad de luz incrementando el 70%, 95% y 115% respectivamente, en comparación con el testigo sin ningún tratamiento. Se concluyó que quitar las hojas a 30 y 45 cm de distancia de la fruta benefició la coloración de la fruta y la acumulación de antocianinas en el fruto (Zhang, Yue, Wei, Wang, & Zhang, 2010).

Para comprender el posible impacto del cambio climático en la calidad de las manzanas en las principales zonas productoras de China, se evaluó cinco zonas productoras de manzana. Se estudió seis factores climáticos que afectan a siete índices fisicoquímicos de calidad de la fruta. Los resultados muestran que los cambios climáticos durante los últimos 50 años han afectado positivamente a las siete propiedades fisicoquímicas de la calidad de las manzanas en dos regiones (la meseta de Loess y Xinjiang), mientras que los impactos en los diferentes índices de calidad de la manzana en las otras tres regiones productoras de manzanas estudiadas son menos coherentes. Se concluyó que el cambio de clima ha afectado significativamente la calidad de la manzana en las principales regiones productoras de China (Qu & Zhou, 2016).

Otro estudio realizado en China, evaluó la calidad del cultivo del manzano para las variedades Fuji, Jonagold y Starkrimson, cultivadas en diversas regiones ecológicas y climáticas. Los resultados del análisis de

conglomerados estadísticos indican que era adecuado para las variedades Fuji, Jonagold y Starkrimson su producción en la meseta de Loess y en Longdong, provincia de Gansu. Las regiones de la bahía Bohaiwan eran aptas para la variedad Fuji, mientras las regiones montañosas de Jonagold y Southwestern eran aptas para la variedad Starkrimson. Además se identificaron las características climáticas de ventaja y los factores limitantes en cada región ecológica (Wei, Zhang, Mao, & Li, 2003).

Además, una investigación desarrollada en la región de Guanzhong en China, con los datos de temperatura de 29 estaciones meteorológicas entre 1960 y 2007, empleando los principales índices de tendencia climática, evidenció que la temperatura del aire de la región de Guanzhong, fluctúa en la tendencia general al alza para los últimos 48 años. Hay 17 años en los que la temperatura es anormal o extrema en los últimos 48 años. La probabilidad de anomalías es relativamente alta. La temperatura es más alta en la región central y crece más rápido en la región este de Guanzhong, pero es más baja y crece más lentamente en la región oeste (Shi & Xie, 2014).

Para demostrar que el clima influye en la humedad del suelo, se analizaron las siguientes características: humedad del suelo, temperatura del aire mensual y precipitación mensual, de los datos del periodo 1980 - 2005. De las 16 estaciones agrometeorológicas de Songnen Plain en China, durante el desarrollo vegetativo del manzano (de mayo a septiembre), para conocer la variación de la humedad del suelo superficial (0-30 cm), su respuesta a la temperatura del aire y la precipitación. Los resultados mostraron que la humedad del suelo superficial durante el período de crecimiento del cultivo entre 1980 - 2005 tenía una tendencia decreciente y el suelo tendía a ser árido (Jiang, Li, Ji, Zhu, & Yan, 2009).

Otro estudio de suelo en la región oriental de China en el periodo de 1961 - 2011, muestra que, durante los últimos 50 años, la humedad del suelo en el este de China tiene una tendencia a reducirse, especialmente entre finales de los 70 y principios de los 80. La humedad del suelo en diferentes profundidades (0-200 cm) se correlaciona positivamente con las temperaturas del aire en primavera, verano y otoño, pero se relaciona negativamente con la temperatura del aire en invierno a 0-10 cm, 40-100 cm y 100-200 cm. De manera similar, la humedad del suelo se relaciona positivamente con la precipitación en primavera, verano y otoño y lo contrario en invierno. Los resultados muestran que la precipitación tiene un efecto significativo en la humedad del suelo poco profundo (0-10 cm), mientras que la temperatura del aire afecta más a la humedad profunda del suelo (100-200 cm) (Cai, Zhang, Li, & Liang, 2017).

Es indudable que las plantas cultivadas tienen un efecto en su entorno. Un estudio con base en los datos de escala regional y medición de campo localizada, investigó las características de humedad del suelo de la subárea de plantación de manzanas en las tierras altas y secas de Weibei, provincia de Shanxi en China. Los resultados mostraron que las características de humedad del suelo se vieron afectadas por la precipitación y la evapotranspiración de las plantaciones de manzano. A escala regional, la evapotranspiración del cultivo del manzano en el área oriental de Weibei fue la mayor, mientras en la zona de la meseta y en el oeste de Weibei la evapotranspiración fue intermedia y menor, respectivamente. Las características del almacenamiento de humedad del suelo dependían principalmente de la precipitación y su distribución espacio - temporal, así como de la cantidad consumida por los manzanos. En un año seco a excepción de la precipitación disponible, una parte considerable del agua utilizada por los manzanos, provenía del almacenamiento de humedad del suelo profundo superior a 3 m (Liu, Yi, & Li, 2004).

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Zona de estudio

La cuenca del río Mala presenta un clima cálido en la costa, hasta un clima frío y húmedo en la región alto andina. La precipitación pluvial varía desde muy escasos milímetros en la costa árida y desértica, hasta un promedio anual en unos 1000 mm en el área de nevados. El área menos lluviosa de la cuenca está comprendida entre el litoral y los 800 msnm, (0 - 20 mm/año). Desde el punto de vista ecológico, la cuenca ofrece una configuración ambiental muy variada, con 18 zonas de vida o formaciones ecológicas según el sistema de clasificación de Holdridge (ver anexo 1). Del área total de la cuenca (2223 km²) sólo el 1.55% es suelo agrícola y el 20.53% puede tener utilidad para fines pecuarios, el resto no es apto para actividades productivas (Ancajima & Bazo, 2011).

La zona de estudio presenta diferentes condiciones de clima. El área costera tiene clima subtropical árido conocido como semicálido muy seco y cálido muy seco. Se caracteriza por la escasa precipitación en forma de llovizna (garúa), la cual se produce en forma irregular entre los meses de mayo a diciembre. Generalmente en estos meses se presenta un manto de nubes bajas a 300 msnm en la costa. El río Mala es de régimen torrencial, constituyendo el colector de drenaje en la cuenca que da lugar a un valle costero, el cual se ensancha cerca al litoral (Salazar & Landa, 1993).

En la cuenca del río Mala, las huertas de manzana se ubican en los distritos de Mala, San Antonio, Santa Cruz de Flores y Calango, pertenecientes a la provincia de Cañete, departamento de Lima. Según el censo, en los cuatro distritos habitan 36 292 personas, siendo el distrito de Mala el que concentra el 77% de los habitantes. La población masculina es el 50.6% mientras la femenina 49.4% (INEI, 2009).

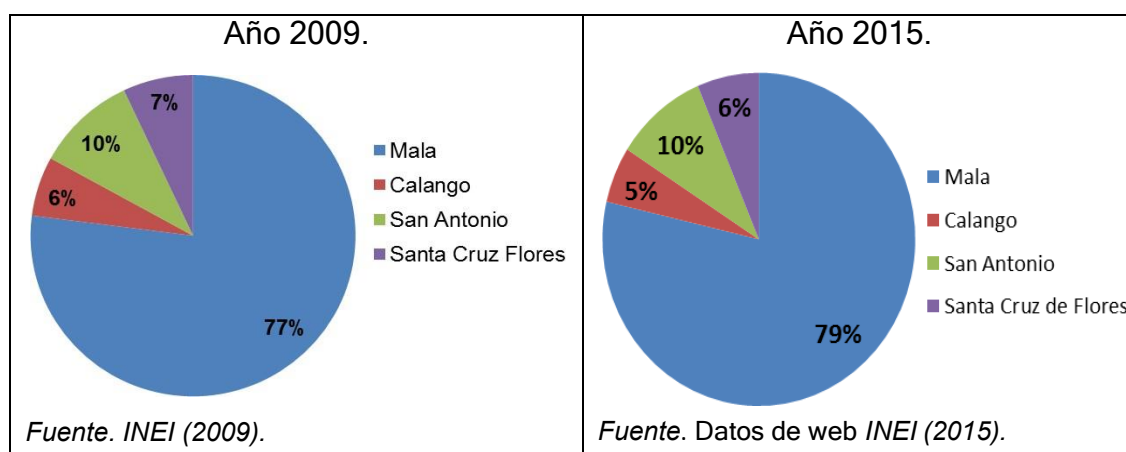


Gráfico 1. Distribución de la población según distrito.

La distribución de población urbana y rural varía, mientras los distritos de Mala, San Antonio y Santa Cruz de Flores, la población urbana es la principal, en Calango la población rural es la mayoritaria (INEI, 2007).

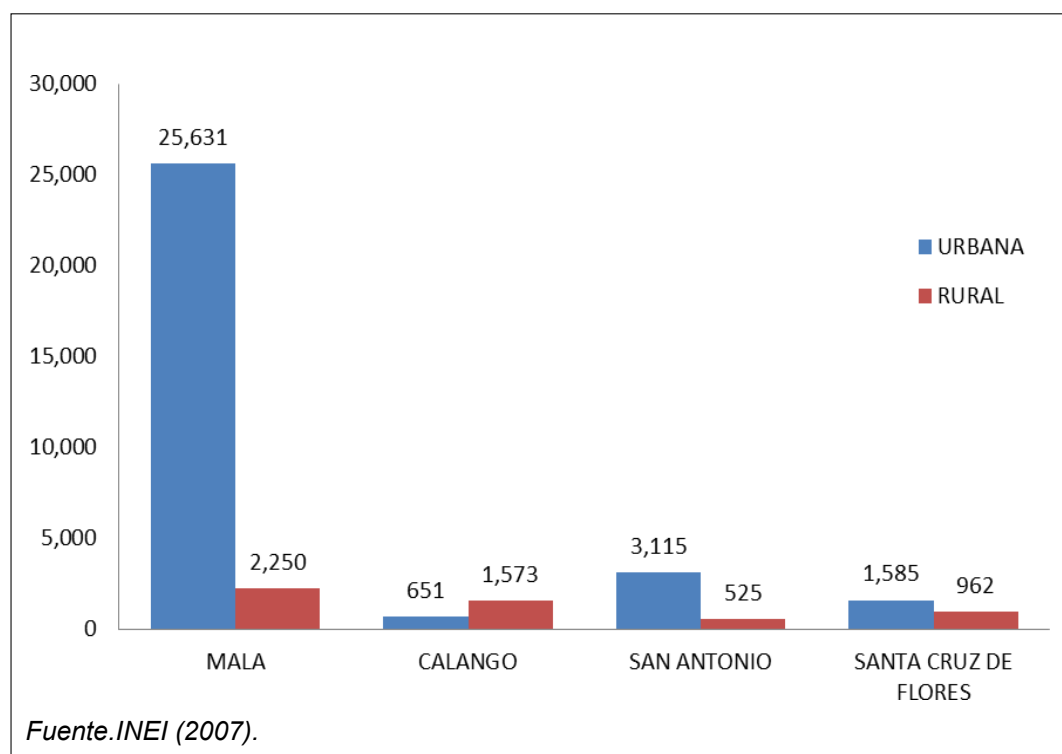


Gráfico 2. Población urbana y rural según distrito.

El estudio geológico a nivel de reconocimiento de la cuenca del río Mala, abarca un área de 2332.07 km², la cual constituye una gran cuenca litológica de origen marino y continental, posteriormente ésta fue deformada tanto por la intrusión ígnea de magnitud batolítica, como por movimientos orogenéticos y epirogenéticos, como queda evidenciado por el levantamiento de los andes y por el desarrollo de diversas estructuras geológicas, tales como fallas, pliegues, que ocurren en diversas zonas de la cuenca. Las rocas del área están representadas por una secuencia de sedimentos finos con intercalaciones volcánicas (andesitas, dasitas), calizas, areniscas, lutitas, además de intrusiones ígneas de composición granitoide y efusiones volcánicas que cubren parcialmente o totalmente las estructuras y las rocas más antiguas. La edad de las rocas comprende desde el paleozoico hasta el cuaternario reciente (MINAGRI & INRENA, 2007).

El río Mala es uno de los 62 ríos de la vertiente del Pacífico ubicados en territorio peruano, tienen una longitud estimada de 122 km (ANA, 2010). Las tierras de uso agrícola en la cuenca son 5720 ha, cuenta con 4340 ha en la cuenca baja y media del valle, mientras en la cuenca alta tiene 1380 ha. Solo el 5% del agua disponible para la agricultura en la cuenca proviene de agua subterránea y el 95% proviene del río Mala (Alba, 2004).

Según el sistema de clasificación de suelos en base a su aptitud para el riego (actividad agrícola) subdivide el valle de Mala en cinco clases:

Clase 2: Arables con limitación ligera (Tierras aptas para riego). 31.7%.

Clase 3: Arables con limitación moderada (Tierras aptas para riego). 17.0%.

Clase 4: Arables con limitación severa (Aptitud limitada). 26.8%.

Clase 5: No arables - agrupación temporal (No aptas). 5.3%.

Clase 6: No arables - No aptas para el uso agrícola (No aptas). 19.2%.

Los suelos presentan deficiencias ligeras a moderadas para el uso agrícola y carecen de suelos clase 1 (ONERN, 1976).

El sector agrícola y ganadero en la cuenca del río Mala constituye el pilar de sostenimiento económico para los pobladores que viven en los distritos de Mala, San Antonio, Santa Cruz de Flores y Calango integrantes de la provincia de Cañete, cuyos suelos son fértiles y con una disponibilidad de agua superficial. El cultivo con mayor área en producción en la cuenca es la manzana Delicia (ver gráfico 3). La manzana es destinada a los mercados mayoristas de Lima metropolitana y en parte a los mercados nacionales (MINAGRI & INRENA, 2007).

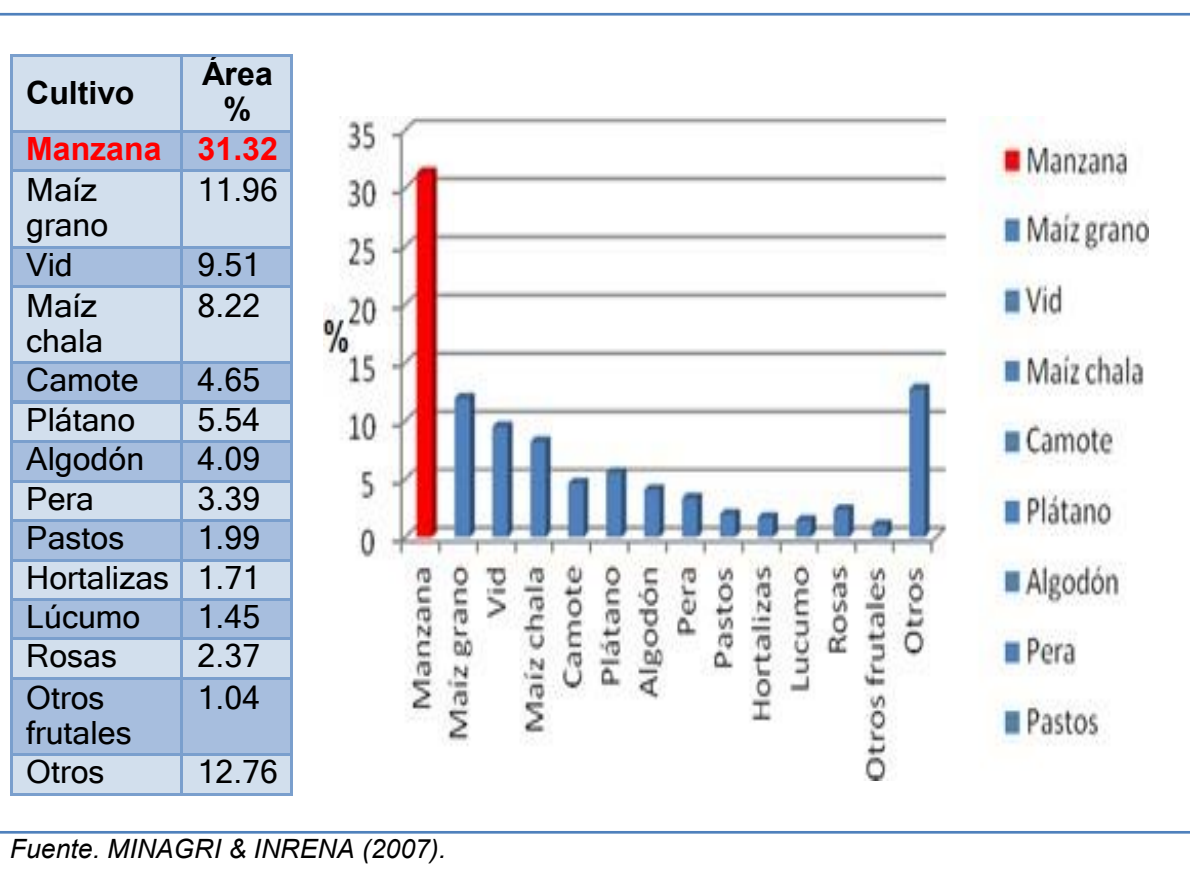


Gráfico 3. Área cultivada según cultivo agrícola.

La Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Lima en su representación descentralizada, la Agencia Agraria Mala registró en su plan de cultivo y riego del año 2009, se destinaron a la producción de manzana 1897 ha; su distribución según distrito fue: Calango 770 ha., Mala 722 ha., San Antonio 282 ha, Santa Cruz de Flores 123 ha, constituyéndose la manzana el cultivo más importante para el año 2009 (Tintaya, 2010).

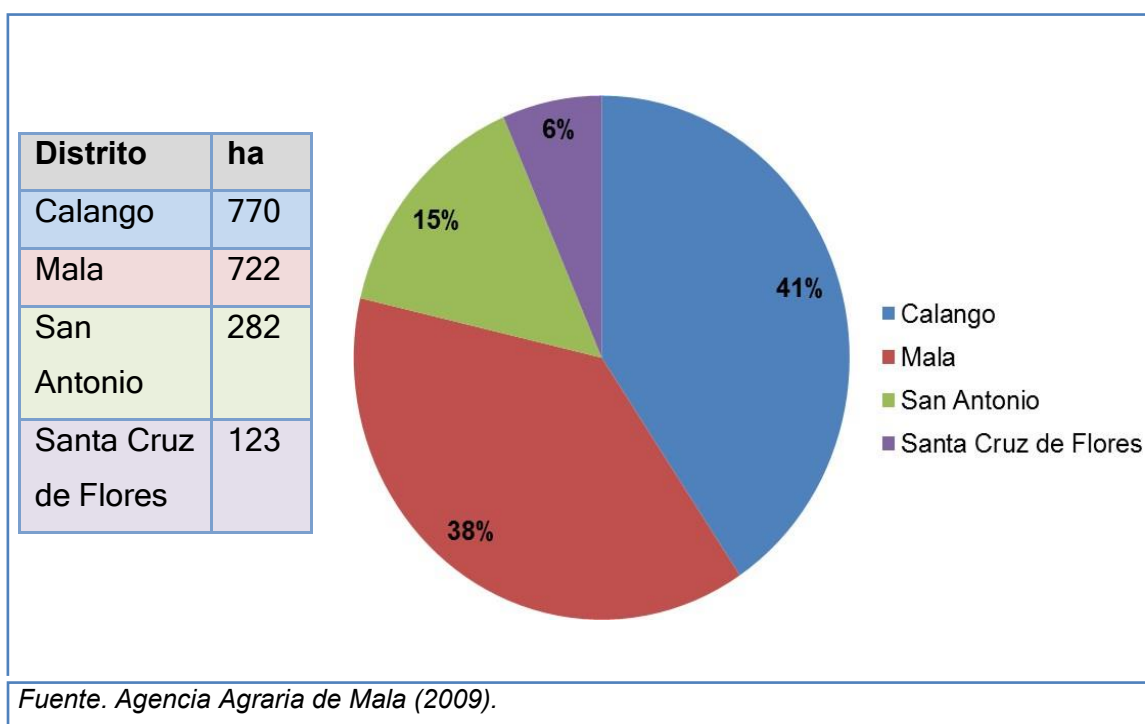


Gráfico 4. Área (ha) destinada a la producción de manzana según distrito.

Respecto a la calidad del agua del río Mala, la Dirección de la Red de Salud Chilca - Mala, realiza muestreos periódicos a lo largo del río Mala. En referencia a su calidad, el ECA del agua - categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales), están en el rango permitido los parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc, en todos los puntos muestreados. Solo en puente Achucaya (3132 msnm) presenta valores permitidos en los parámetros concentración de hierro, manganeso, coliformes totales y coliformes termo-tolerantes. En puente Conapunco (2248 msnm) si bien los valores de coliformes totales y

coliformes termo-resistentes se encuentran en los parámetros permitidos, no es así para la concentración de hierro y manganeso que sobrepasan los límites; al respecto en los siguientes puntos muestreados hasta su desembocadura en el mar, las concentraciones de hierro y manganeso sobrepasan los límites permitidos en los EC3.

Los coliformes totales se incrementan a límites no permitidos en el puente Quinocay (1 493 msnm), para descender a valores permitidos en el puente Minay (694 msnm), la oxigenación del agua del río Mala en el descenso entre ambos puntos de muestreo sería la explicación de estos valores. A partir de puente Correviento (258 msnm), con mayores poblaciones que vierten sus residuos al río, se incrementan los coliformes totales a valores no permitidos en el ECA – categoría 3. Mención especial merecen los muestreos en puente Mala (18 msnm) y en la desembocadura al mar (16 msnm), dado que los tres distritos de la zona baja de la cuenca, vierten sus residuos al río, incrementándose a límites no permitidos en los ECA - categoría 3, en los coliformes totales y los coliformes termo-tolerantes. Los análisis del estudio de calidad de agua corresponden al archivo de la Red de Salud Chilca – Mala, información proporcionada durante la entrevista personal al jefe de Unidad de Salud Ambiental (Caycho, 2011).

Tabla 1. Análisis de calidad del agua de riego, muestreo de siete puntos en el río Mala.

Evaluación sanitaria del agua del río Mala - 2011.																			
Parámetro Estación	msnm	pH	T (°C)	T (°C)	C.E.	STD	OD	DBO	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Pb	Zn	C. tot.	C. term.
			agua	aire	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/dL
ECA agua - categoria 3	6.5 - 8.5	6.6-8.5	---	---	<2 000	---	≥4	15	0.05	0.005	0.20	0.10*	1.0	0.20	0.001	0.05	2.0	5,000	1,000
Puente Anchucaya	3132	7.2	9.0	15	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	0.87	0.051	-	<0.025	0.035	350	110
Puente Conapunco	2248	7.7	13.0	19	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	5.86	0.242	-	<0.025	0.037	540	540
Puente Quinocay	1493	7.2	16.0	22	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	6.55	0.248	-	<0.025	0.034	5,400	700
Puente Minay	694	7.4	18.0	25	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	19.00	0.674	-	<0.025	0.101	3,500	790
Puente Correviento	258	7.9	18.0	22	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	24.17	0.669	-	<0.025	0.082	9,200	700
Puente Mala	18	8.2	20.0	18	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	26.09	0.680	-	<0.025	0.084	16,000	5,400
Desembocadura al mar	16	7.5	21.0	18	-	-	-	-	-	<0.010	<0.010	<0.028	28.99	0.709	-	<0.025	0.095	79,000	79,000

Fuente. Caycho (2011).

LEYENDA DE LAS ESTACIONES

Descripción de estación	Localidad	Distrito	Provincia	Coord. UTM	
				Este	Norte
Puente Anchucaya.	Huachichilco	Huachichilco	Huachichilco	385419	8862038
Puente Conapunco.	Huachichilco	San Lorenzo de Quinte	Huachichilco	386197	8851449
Puente Quinocay.	Viscas	Quinocay	Yauyos	382895	8837370
Puente Minay.	Minay	Calango	Cañete	345172	8823477
Puente Correviento.	Calango	Calango	Cañete	329264	8814885
Puente Mala.	Mala	Mala	Cañete	320303	8598852
Desembocadura al mar.	Mala	Mala	Cañete	316836	8597803

LEYENDA PARAMETROS TÉCNICOS

pH : Potencial de Hidrógeno	Hg : Mercurio	Pb : Plomo
C.E. : Conductividad eléctrica	As : Arsénico	Zn : Zinc
Turb : Turbiedad	Cd : Cadmio	C. tot.: Coliformes totales
A y G : Aceites y grasas	Cu : Cobre	C. term.: Coliformes termotolerantes
OD : Oxígeno disuelto	Cr : Cromo	
DBO : Demanda bioquímica de oxígeno	Fe : Hierro	ECA agua - categoría 3
STD : Sólidos totales disueltos	Mn : Manganeseo	Riego de vegetales y bebidas de animales.

2.3.2 Cultivo del manzano, características de producción y comercialización

Las manzanas probablemente se originaron en Asia Central, desde donde llegaron a España en una primera oleada con los ejércitos romanos y en una segunda con los invasores árabes; actualmente la manzana se cultiva por todo el mundo (Fálder, 2003). La enorme adaptabilidad de sus variedades a los diversos ecosistemas, la ha dispersado en diversas regiones, de tal forma que está entre los frutos más comercializados (Salas & Olivas, 2011).

Diez mil o más variedades de manzana se enumeran en el inventario europeo de esta fruta, ello refleja un amplio rango de variabilidad en los rasgos de calidad. La calidad de la fruta es un concepto dinámico, cambia sobre la base de las necesidades y percepciones del consumidor reflejando la evolución sociocultural. Los consumidores evalúan las manzanas por su apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de defectos) y luego por su calidad de consumo. Los factores ambientales y agronómicos a lo largo de toda la temporada de crecimiento afectan la calidad final de la fruta; la temperatura y la luz contribuyen a modificaciones de la calidad interna y externa del fruto, como el color y la acumulación de materia seca. La poda del huerto puede afectar drásticamente el color de la piel y la madurez de la manzana, así como la carga del cultivo y el aclareo determinan ajustes fisiológicos que benefician la acumulación de materia seca en la fruta. El riego y la nutrición también modifican el color y la composición química en la manzana (Musacchi & Serra, 2018).

Los árboles frutales se clasifican de manera práctica en dos grupos, los de hoja caduca y los de hoja perenne según el régimen de temperatura del clima donde prosperan y su comportamiento fisiológico. El manzano pertenece a los frutales de hoja caduca. La época de floración de los frutales caducifolios está ligada a caracteres genéticos y depende del cumplimiento del frío invernal (vernalización); también es influida por las temperaturas que

se presentan con posterioridad al reposo, conocida como “necesidad de calor para floración”, cuanto más elevada sean, mayor precocidad habrá en la floración. En referencia a cultivos de gran adaptabilidad a distintas regiones, cuando se comparan los periodos de desarrollo en los diferentes lugares las diferencias climáticas no son tan grandes, por lo que se concluye que no es la planta la que se adaptó, sino que el agricultor adaptó la fecha de siembra al clima (Campos, 2005).

La dormancia es la suspensión temporal visible del crecimiento de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo. La dormancia forma parte del ciclo anual de los frutales de hoja caduca y es inducida por las bajas temperaturas del otoño, junto al acortamiento del largo del día. La duración del receso depende de la especie y variedad. Para las principales zonas de cultivo de los frutales de hoja caduca en Chile, el recuento de horas de frío se inicia tradicionalmente el primero de mayo. La acumulación histórica (de mayo a agosto) de horas frío en base a 7°C para Talca – Chile es 955 horas (Yuri, 2002).

Los caducifolios, perciben como frío a las temperaturas que están entre 0°C y 12°C, siendo las más eficientes en destruir los represores del crecimiento vegetal aquellas que se ubican entre los 3°C y 7°C (Santibáñez & Uribe, 2001). El sistema más utilizado para cuantificar las horas de frío percibidas por un frutal y finalizar su periodo de letargo invernal, es el cálculo de horas de frío de exposición de las yemas a temperaturas bajo 7.2°C, la que se hace directamente por la suma de datos horarios, registrados por estaciones meteorológicas o termógrafos, desde el 50% de la caída de hojas hasta inicio de yema hinchada (Weinberger, 1950).

Los cultivares de cada especie, a su vez presentan requerimientos muy diferentes. Los requerimientos de horas frío (en base 7°C) para el manzano

van en el rango de 200 - 800 horas frío normal para iniciar una campaña agrícola y de frío máximo de 1700 horas frío (Gil, 2000).

Para resolver uniformizar los criterios de requerimiento de frío, se propusieron las llamadas unidades de frío (UF) definidas como una duración de una hora a una temperatura de 6°C. Entonces al subir o bajar la temperatura del punto óptimo de 6°C su contribución a la acumulación de UF se reducirá a cero, a temperaturas de 12.4°C y 1.4°C, e incluso podrá ser negativa a partir de 16°C (Villalpando, 1985).

Tabla 2. Conversión de valores de temperatura horaria °C a UF (Unidades Frío)

Temperatura horaria	UF
<1.4	0.0
1.5 a 2.4	0.5
2.5 a 9.1	1.0
9.2 a 12.4	0.5
12.5 a 15.9	0.0
16.0 a 19.4	-0.5
>19.5	-1.0

Fuente. Villalpando (1985).

Un estudio de la variación genética en los requerimientos de frío en seis progenies de manzana, determinó que la adaptación es una interacción compleja entre varios factores ambientales y la planta. La variación entre las plantas de un semillero se puede atribuir a factores genéticos. En general se acepta que el tiempo de brotación vegetativa es un reflejo del requerimiento de frío y calor bajo condiciones favorables climáticas y que los genotipos que muestran la brotación temprana durante la temporada de crecimiento, tales como el cultivar Anna, posee bajo requerimiento de frío y, por lo tanto, es más ampliamente adaptable (Labuschagné, 2002).

En Latinoamérica se hallan diversas experiencias de adaptación del cultivo de manzano, un ejemplo lo hallamos en México, solo en Querétaro e Hidalgo

se cultivan 2500 ha desde hace más de 30 años bajo condiciones de secano, en altitudes de 2200 a 2600 msnm, con precipitaciones mayores a 800 mm/año y se acumulan alrededor de 600 horas frío, durante el invierno de cada año; las principales variedades que allí se cultivan son Golden Delicious y Red Delicious (Fernández, 2010). Mientras en Guatemala, se cultivan principalmente dos variedades manzanas la Red Delicious, con requerimientos de 550 a 650 horas frío y la Anna que necesita de 250 a 300 horas frío; la primera especie se cultiva en altitudes mayores a los 2000 msnm, mientras que la segunda es cultivada desde 1300 hasta 2500 msnm (Vásquez, 1984).

La propagación de los manzanos se realiza empleando porta injertos de diferente tipo. El más común es manzano MM106 y el llamado criollo, aunque este último se ha ido descartando a nivel comercial. Existen diferentes distanciamientos de plantaciones (Tabla 2); pueden plantarse a 5 por 5 metros ó 6 por 5 metros al tresbolillo en sistema tradicional. Para sistemas de espaldera se recomienda 2 metros entre plantas y 3 metros entre filas. En sistemas semi intensivos y conducción en líder central pueden plantarse a 3 metros entre plantas y 4 metros entre filas. Para estos sistemas, en manzana debe emplearse el porta injerto MM 106 u otros enanizantes (Vásquez 1988).

Tabla 3. Densidades en huertas de manzana

Densidad de siembra	árboles/ ha
Baja densidad	150 a 399
Mediana densidad	400 a 999
Alta densidad	1000 a 2500
Ultra densa	> 2500

Fuente. Vásquez (1988).

La producción mundial de manzanas del año 2013 fue de 80 822 521 toneladas, de las cuales China produjo 39 684 118 toneladas, cerca al 50%. El segundo productor a nivel mundial es EEUU con 4 081 000 toneladas. El Perú ocupó el cuadragésimo cuarto lugar en la producción a nivel mundial con 156 350 toneladas (ver anexo 2). Las importaciones de manzana del Perú el año 2012 fueron de 43 511 toneladas, siendo el cuadragésimo sexto país importador de manzana en el mundo (ver anexo 3). En China las principales variedades son Red Delicious y sus clones mejorados (que han reemplazado casi totalmente a la Red Delicious tradicional); mientras en EEUU la variedad insignia, que continúa siendo la número uno en ventas, es la Red Delicious, aunque se están promocionando nuevas variedades para su reemplazo; la producción de las nuevas variedades americanas aún está en desarrollo (ver anexo 4). En Latinoamérica, Chile ocupa el octavo lugar en la producción mundial y Argentina el undécimo lugar; asesores del INTA ven interesantes los mercados de Ecuador, Perú, Venezuela y México, como alternativas para exportar manzana producida en Argentina, si se reducen los pagos por aranceles en los referidos destinos (Toranzo, 2016).

Tradicionalmente el cultivo de frutales caducifolios estuvo asociado a periodos de frío para iniciar la fase productiva, sin embargo, en Perú el departamento de Lima es el principal productor de manzana, con rendimientos tres veces mayores que los producidos en el departamento de Ayacucho, pese a las elevadas temperaturas de la costa del Perú. Esta contradicción tiene sus razones, el periodo de frío que conlleva al descanso requerido en frutales caducifolios durante la época de invierno, en la costa central peruana puede ser reemplazado por la eliminación del riego (agoste); de esta manera, al igual que con el periodo de frío, los árboles restringen su actividad fisiológica como consecuencia de la falta de agua. La ventaja radica en que, en la costa del Perú, la suspensión del riego puede realizarse en cualquier época del año por su clima árido; así el manejo agrícola dirigido hacia la regulación de la provisión de agua, permite hoy en día inducir tal fase mediante la supresión del riego y la defoliación manual. Adicionalmente,

el manejo de las técnicas de injertación mejora la adaptación de algunas variedades comerciales y el aumento de la productividad (Sabogal, 2002).

La variedad más importante de manzana sembrada en el valle de Mala es la Delicia por su extensión y producción, sin embargo podemos encontrar en el distrito de San Antonio huertos con la denominada manzana corriente o San Antonio. La variedad Delicia llegó a la comunidad de San Juan de Viscas (1720 msnm.) en la década de 1950. Lugareños refieren a Lurín como la localidad de procedencia de las primeras plantas. En Viscas se produce el proceso de aclimatación y adaptación al medio ambiente mostrando sus bondades. Con el transcurrir de los años empieza a ser cultivada en altitudes menores, cultivándose actualmente hasta el anexo de Bujama a 15 msnm (Figueroa, 2001). En la comunidad de San Juan de Viscas confluyen tres provincias; Huarochirí, Yauyos y Cañete (Calango). El Ing. Kenneth Peralta investigador del Instituto Huayuná, con 35 años de experiencia en la cuenca del río Mala, menciona que difícilmente se hallan huertas de manzana Delicia superiores a los 2000 m de altitud, las excepciones son pequeñas extensiones en quebradas con un microclima más cálido (Peralta, 2017).

2.3.3 El fenómeno El Niño, su influencia en la agricultura

La costa peruana surcada por valles, con medianas y grandes ciudades con acceso a los mercados externos, es donde tradicionalmente se ha realizado una agricultura de tipo comercial, con objetivos de acumulación (Gorriti, 2003). La costa peruana reúne los suelos más productivos del país, por la calidad, topografía plana, disponibilidad de agua y por la densidad acumulada de inversiones en infraestructura: vial, de riego, etc. (Eguren, 2003).

La acción de los diferentes factores climatológicos hace que prácticamente toda la costa sea un enorme desierto, interrumpido por valles de pequeña

extensión, regados por ríos que bajan de la cordillera, muy pocos con caudal permanente y la mayoría de curso intermitente. Sin embargo, estos valles tienen un clima edénico, que inclina a calificarlos como inmensos invernaderos, en los que se puede cultivar innumerables especies vegetales. Así se observa plátanos, mangos, tabaco de origen tropical, conviviendo con manzanas y duraznos propios de climas templados; incluso papa, cultivo de clima frío. Pero como no todo puede ser tan maravilloso, de vez en cuando la naturaleza despierta de este sueño y se presenta el fenómeno El Niño; que trastorna los ciclos ecológicos en los valles, con influencia negativa sobre la fenología de las plantas cultivadas y el comportamiento anormal de insectos plaga (Martin, 1997).

El evento climático “El Niño”, ocasiona el incremento de la temperatura superficial del mar y consecuentemente de la costa peruana, produciendo dramáticas alteraciones biológicas, con graves consecuencias sobre el mar y la costa (Brack, 2004).

La literatura científica contemporánea sobre el fenómeno El Niño, se inicia con el evento de 1891; las ciudades de Piura y Paita y casi todas las poblaciones del departamento quedaron semi arruinadas, el río arrastró el puente de Piura. Todos los ferrocarriles sufrieron graves daños, incluyendo las vías de Arequipa, Puno y Cuzco; el ferrocarril central fue bloqueado a la altura de Ñaña por huaicos. El departamento de Ancash resultó gravemente afectado por aluviones, quedando Huaraz aislada durante 80 días. Trujillo y Chiclayo soportaron durante setenta días consecutivos, lluvias torrenciales con tempestad, truenos y relámpagos. Chimbote quedó destruido en un 95%. En Lima, las provincias que más sufrieron fueron Chancay, Huarochirí, Lima, Cañete, Canta y Yauyos; Casma quedó en ruinas, Supe por entonces con dos mil habitantes, desapareció totalmente bajo las aguas del repentinamente avasallador río seco. 1891 fue entonces un Niño que afectó el territorio nacional mucho más allá del norte del país. Los eventos cíclicos climáticos de gran impacto territorial, se han manifestado en los fenómenos

El Niño de los años 1925, 1982 - 1983 y 1997 - 1998 en Perú. Sin embargo, el fenómeno El Niño es un tema relativamente nuevo en el campo de los desastres en América Latina. Como ocurrió con otros fenómenos naturales, tratado en bloque como una amenaza, se hizo inmanejable y cayó rápidamente en el campo de las emergencias. Desagregado en su tipo de efectos, el fenómeno El Niño aparece como posible de manejar, plausible de convertirse en objeto de gestión de los riesgos (Franco, 2002).

El fenómeno El Niño de 1982 - 1983 reportó cambios en las poblaciones de insectos y otros artrópodos. El valle de Ica registró graves daños de *Anomis texana* en el cultivo del algodón; se incrementó la oviposición debido a que las temperaturas mínimas subieron; la oviposición de *Anomis* se anula con temperaturas menores a 18°C, por ende no es plaga en Ica en años climáticos normales. Además, se presentó una infestación sin precedentes desde Piura hasta Pisco de *Dysdercus peruvianus* (chinche arrebiatado), plaga de algodón. En Lambayeque, *Schistocerca interrita* (langosta), insecto conocido por presentar individuos de forma aislada, visto esporádicamente en los cultivos de costa central, se reprodujo en numerosos enjambres de voladores en 1983, se desplazaron en masa ocupando extensiones muy grandes (hasta 800 ha), invadiendo y defoliando cultivos de mango, maracuyá y algodónero. En un campo tratado con insecticidas, se encontró en promedio 136 insectos muertos por metro cuadrado, calculándose 150 millones de individuos en una extensión de 500 ha de cultivo. Así el cambio poblacional es inmenso e ilustra la influencia del fenómeno El Niño en las poblaciones de insectos (Beingolea & Oscar, 1987).

El denominado fenómeno El Niño costero de 2017, especialistas afirman que la rudeza con la que se presentó está estrechamente ligada con el cambio climático. Un estudio presentado por la Universidad de Maryland, en la American Geophysical Union, demuestra que el calentamiento del mar, como consecuencia del cambio climático, provoca tormentas y lluvias más fuertes. Por su parte, Juan Carlos Lizárraga de Desco coincide que las

variaciones en el clima serían ocasionadas por el cambio climático, aduce se está reduciendo la periodicidad de los fenómenos anómalos. Si el cambio climático provoca fenómenos naturales más intensos y frecuentes, necesitamos trabajar seriamente en cómo debemos adaptarnos (Rivadeneyra, 2017).

Sobre el fenómeno El Niño costero de 2017, Takahashi, científico del Instituto Geofísico del Perú manifestó: "A los que trabajamos en pronósticos nos sorprendió porque no lo pudimos ver con meses de anticipación, ahora nos damos cuenta que los impactos son similares a los de 1925. No había señales de que esto iba a ocurrir, necesitamos seguir investigando para identificar qué indicador pudo estar ahí, sin que sepamos que era útil" (Redacción L.R., 2017).

2.3.4 Cambio climático, estimaciones del impacto en la agricultura

Un análisis en el marco geopolítico de la región andina sobre el cambio climático, requiere un estudio específico de cada comunidad para que las medidas sean eficientes y pertinentes. El cambio climático involucrará retos y riesgos para las culturas de la región andino amazónica. (Isch, 2011). Estimaciones del Centro Tyndall de Gran Bretaña, muestran que el Perú es el tercer país más vulnerable a los riesgos climáticos en el mundo; las consecuencias del cambio climático podrían tener serios resultados para nuestro país. En América Latina los impactos de lluvias torrenciales, tormentas, sequías, desastres hídricos, el desplazamiento de las siembras a zonas menos fértiles y la disminución en la producción de alimentos es una amenaza. (IGP, 2005).

Una aproximación sobre los efectos del cambio climático en las tierras desertificadas de América del Sur realizado por CEPAL, permitió detectar que se generaría mayor vulnerabilidad en los territorios de Chile, Perú,

Paraguay y Colombia, pudiendo comprometer la cobertura vegetal de los suelos, incrementando procesos de erosión, degradación y desertificación. En Perú, las regiones consideradas de mayor nivel de degradación verían expuestos sus suelos a mayores períodos de déficit hídrico (Dascal, 2013).

Un estudio realizado para los Andes señala que, debido al cambio climático, habrá menos pero más intensas lluvias, lo que producirá tanto sequías como inundaciones, más vientos y ciclones, brotes de enfermedades y plagas, así como la aceleración de la erosión del suelo. El cambio climático modificará el acceso al agua e incrementará la incertidumbre en la agricultura y la vida rural (Sherwood, 2009).

La mayoría de los modelos del cambio climático predicen que los daños serán compartidos de forma desproporcionada por los pequeños agricultores del tercer mundo, particularmente por los agricultores que dependen de regímenes de lluvia impredecibles. Se pronostica una reducción del 10% en la producción del maíz para África y América Latina en el año 2055, equivalente a pérdidas de dos mil millones de dólares por año. Estas pérdidas de la producción se intensificarán de acuerdo con el incremento en las temperaturas y las diferencias en la precipitación (Altieri & Nicholls, 2009).

Los efectos del incremento de la temperatura y reducción de la humedad relativa, repercuten en el comportamiento de las poblaciones de organismos que cohabitan en los sistemas agrícolas con las plantas cultivadas y los animales de crianza (sean beneficiosos o perjudiciales), contribuyendo en muchos casos a alteraciones en sus poblaciones, con expresiones en pérdidas económicas en dichos rubros productivos (Vázquez, 2011).

Los impactos del cambio climático pueden tener severas repercusiones en la agricultura. La resiliencia de la agricultura ante tales impactos es de enorme importancia para atenuarlos a la par de buscar adaptarse a ellos. Al mismo tiempo, el sector agrícola tiene un gran potencial para mitigación del cambio climático mediante las reducciones de emisiones de GEIs, aumento del secuestro de carbono y reduciendo la deforestación que incorpora estas áreas para tierras agrícolas. Debido a la creciente necesidad de alimentos en el mundo, puede ser muy difícil alcanzar un sector agrícola neutral en carbono. Es muy importante que las políticas agrarias se enfoquen no solo en la satisfacción de la seguridad alimentaria, sino también en el aumento de la resiliencia climática de los sistemas de producción y la reducción de las emisiones en la medida de lo posible (Sanz, 2012).

Uno de los enfoques de adaptación metodológica para medir la resiliencia agroecológica, proviene de la investigación social de los desastres, trabajo pionero del geógrafo Gilbert F. White en Estados Unidos. Su importancia radica en postular que el riesgo a sufrir un desastre, dependía no solo de la magnitud de la amenaza natural como tal, sino de la vulnerabilidad de la sociedad expuesta a la amenaza y su capacidad de respuesta.

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de respuesta}} \times \text{Amenaza}$$

El modelo de la ecuación de riesgo, es la convergencia en un momento y lugar determinado de los factores: vulnerabilidad, amenaza y la capacidad de respuesta (en este caso de los agricultores), para reducir los riesgos frente a eventos climáticos, para sobrevivir, resistir y recuperarse (Hernao, 2013).

La amenaza del cambio climático ha causado consternación entre científicos ya que la producción agrícola se podría ver seriamente afectada al cambiar radicalmente los regímenes de temperaturas y lluvias, comprometiendo con ello la seguridad alimentaria tanto a nivel local como mundial (Altierí & Nicholls, 2013). A pesar de avances tecnológicos, poco se ha hecho para incrementar la adaptabilidad de la agricultura industrial a los eventos climáticos cambiantes y extremos; cambios relativamente pequeños en temperatura media puede resultar desproporcionadamente grandes en la cadena trófica de algunas especies de predadores y polinizadores (Rosenzweig, 2001).

Las estadísticas oficiales predicen que los agricultores más pobres son especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático debido a su exposición geográfica, bajos ingresos, mayor dependencia de la agricultura para su sobrevivencia y su limitada capacidad de buscar otras alternativas de vida (Nicholls, 2013).

Solo cuando los agricultores logren entender los efectos del cambio climático y sus impactos, podrán prepararse para enfrentarlos y adaptarse a ellos. Si bien muchos agricultores ya están haciendo frente a las condiciones climáticas cambiantes, el clima se está volviendo menos predecible y es posible que algunas de sus estrategias ya no funcionen. Las propuestas eficaces de comunicación son primordiales para ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático (Mc Kay, 2009).

A nivel mundial se empieza a dar mayor importancia a las investigaciones, que cuantifiquen la evolución de un clima cambiante y su efecto en los microclimas de las regiones productoras, así como en el desarrollo los cultivos.

Estudios realizados en Japón pronostican que el cambio climático impactará en sus regiones productoras de manzana ocasionando que se desplacen gradualmente. Empleando la base de datos de "Climate Change Mesh Data Japan" se simuló posibles cambios en regiones actualmente favorables para el cultivo de manzano, con una resolución aproximada de 10 por 10 km. El resultado estima que todas las llanuras del sur de Tohoku en el año 2040 y del centro de Tohoku en el año 2060 serán desfavorables para el cultivo de manzano, mientras que la mayoría de las regiones de Hokkaido serán aptas para 2060. Muchas partes de los actuales distritos productores de manzanas en Japón posiblemente serán desfavorables para el año 2060. Por lo tanto, el cambio de clima afectará en gran medida el entorno del cultivo del manzano en Japón a mediados del siglo XXI (Sugiura, Kuroda, Sugiura, & Honjo, 2005).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La metodología empleada, distingue las tres variables del estudio, ha seguido las metodologías citadas en el marco teórico del estudio, las cuales se detallan a continuación.

3.1 Metodología variable climática

Las variables estudiadas son la temperatura y la humedad relativa. Se requirió información de tres estaciones meteorológicas correspondientes a las zonas media y baja de la cuenca del río Mala, donde se hallan los distritos productores de manzana variedad Delicia; se incorporó una cuarta estación meteorológica ubicada en la zona alta de la cuenca, donde no se cultiva manzana, pero cuyos datos son de interés para el presente estudio.

Las estaciones meteorológicas pertenecen al SENAMHI y al Instituto Huayuná, cumplen con los estándares de la Organización Meteorológica Mundial, el monitoreo de los datos es diario y se realiza bajo la supervisión de un ingeniero meteorólogo, las estaciones son:

- i. Estación meteorológica Santa Enriqueta (Instituto Huayuná).
- ii. Estación meteorológica La Capilla 2 (SENAMHI).
- iii. Estación meteorológica Minay (Instituto Huayuná).
- iv. Estación meteorológica Huarochirí (SENAMHI).

Se delimitó la cuenca en el mapa #1 de ubicación, distinguiéndose la zona de estudio, conformada por los cuatro distritos de la provincia de Cañete productores de manzana variedad Delicia; se diferenció la zona alta que no cultiva manzana. En el mapa #1 se ubican geo-referenciadas las cuatro estaciones meteorológicas, todas registran temperatura; solo las estaciones de Capilla 2 y Huarochirí cuentan con el instrumental requerido (higrómetro) para el registro de la humedad relativa.

Para el estudio del comportamiento térmico, se analizaron las variables: temperatura media o promedio, temperatura máxima, temperatura mínima y amplitud térmica, de las cuatro estaciones meteorológicas de la cuenca. Se desarrollaron los principales estadísticos descriptivos de las variables antes mencionadas.

La prueba de normalidad se realiza para los datos de la temperatura media de las estaciones meteorológicas; de confirmarse el supuesto de normalidad, se procederá a efectuar la prueba de correlación entre las estaciones meteorológicas, comparar el comportamiento térmico anual entre las estaciones de la cuenca e identificar sus valores.

Complementariamente se verifica la anomalía de temperatura en presencia del Fenómeno El Niño, para las estaciones Capilla 2 y Santa Enriqueta; mediante una prueba T de Student para datos relacionados al 95% de confianza, entre la media de la temperatura histórica y la media de los años 1997-1998 bajo la influencia del fenómeno El Niño.

Para el estudio de la variable humedad relativa, se analizó el comportamiento de las estaciones meteorológicas Capilla 2 y Huarochirí, se presentan sus principales estadísticos descriptivos. Se verifica el supuesto de normalidad de los datos con la respectiva prueba estadística, de

confirmarse la normalidad se desarrolla la prueba de correlación entre las estaciones, para analizar el comportamiento anual del parámetro humedad relativa entre las estaciones e identificar sus valores.

Se utilizó el programa estadístico informático SPSS - 20 para los cálculos estadísticos. Este software ofrece un rápido entorno de modelación estadístico, sacando el máximo provecho por medio de una completa gama de herramientas estadísticas y lleva a cabo todo el proceso analítico, proporcionando la respuesta en hojas de cálculos, tablas y gráficos (Quezada, 2014).

3.2 Metodología variable física

Se realizó una prospección a los suelos dedicados a la producción de manzana variedad Delicia para conocer sus principales características edafológicas, en la cuenca media y baja del río Mala. Previamente se revisaron los estudios, geomorfológicos y geológicos para describir sus principales formas del relieve y la litología que dan origen a los suelos de las huertas. Se empleó el programa Argis para elaborar los mapas edafológico de textura, geológico y geomorfológico.

Para la prospección edafológica se muestrearon 20 huertas de manzana, siguiendo el protocolo de muestreo de suelos descrito por la Universidad de Zaragoza, en cada huerta se realiza el muestreo al azar y compuesto, seleccionando 10 puntos para recoger una sub-muestra de 1 kg c/u a una profundidad de 35 cm, luego se mezclaron perfectamente para tomar de ahí una única muestra de 1 kg representativa del huerto evaluado, la misma que es etiquetada para su análisis (Betrán & Pardo, 2015). Las muestras se evaluaron en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria – La Molina (UNALM),

mediante el análisis de caracterización y fertilidad edafológico. Los parámetros evaluados son: textura, pH, conductividad eléctrica, carbonato de calcio, materia orgánica, fósforo disponible, potasio disponible, la capacidad de intercambio catiónico, catión calcio, catión magnesio, catión potasio, catión sodio y catión aluminio.

Los resultados de cada parámetro, se analizaron según el rango de calidad establecidos en el manual de edafología de la UNALM (Departamento académico de suelos UNALM, 2011) ver anexo 5. Se incorporó el estudio de las relaciones catiónicas: Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K/Na y porcentaje de acidez cambiante. Para su análisis se consideraron los valores: óptimo, regular o deficiente de cada parámetro para el desarrollo vegetal.

Considerando la metodología de evaluación de los sistemas agroecológicos, desarrollada por Henao y Altieri en diferentes investigaciones (Henao, Altieri, & Nicholls, 2017) se emplea la herramienta de asignación de colores, el denominado sistema semáforo para calificar los valores de los trece parámetros evaluados en el análisis de suelo. Los criterios de interpretación están basados en los valores de la aptitud del parámetro para un adecuado desarrollo del vegetal, al mejor valor se le asigna el color verde, mientras que al más deficiente se le identifica con rojo; además se asignan valores numéricos al color, ver la descripción en la tabla 4.

Tabla 4. Descripción del indicador en el sistema semáforo

Color	Situación según parámetro	Valor numérico
Verde	Óptimo para el crecimiento vegetal	5 a 4
Naranja	Regular para el crecimiento vegetal	3 a 2
Rojo	Deficiente para el crecimiento vegetal	1 a 0

Fuente. Henao, Altieri & Nicholls (2017).

El análisis de la fertilidad del suelo en cada huerta, es el valor promedio de los trece parámetros evaluados, permite predecir su comportamiento en el desarrollo del crecimiento vegetal, identificando la calidad del suelo de cada huerta muestreada en el sistema semáforo. Al indicar un orden según calidad, se procede a realizar la prueba estadística no paramétrica de U de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95%; para comparar los suelos de las huertas de la zona baja en contraste con la zona media de la cuenca del río Mala. Los cálculos se realizaron con el apoyo del programa estadístico informático SPSS - 20.

3.3 Metodología variable social

Empleando el enfoque de los medios de vida sostenible (Chambers & Conway, 1992) empleado por la FAO para analizar diversas experiencias de agricultores en el mundo (Neely, Sutherland, & Johnson, 2004). Se indagaría las características y capacidades de los agricultores que les ha permitido asegurar sus necesidades vitales, se evaluarían los capitales: humano, físico, natural y financiero en el análisis de sostenibilidad de la producción de manzana variedad Delicia. La manzana variedad Delicia se ha cultivado por más de cinco décadas en la cuenca del río Mala, lo cual evidencia que, además de ser económicamente lucrativo, la actividad funciona para la realidad de los agroecosistemas y las familias implicadas, de lo contrario hubieran cambiado a otro cultivo u actividad.

Para identificar las características de los medios de vida de los productores de manzana variedad Delicia, se desarrolló una encuesta a 100 agricultores, distinguiendo la zona media en la cuenca (el distrito de Calango) y la zona baja en la cuenca (distritos de: Mala, San Antonio, Santa Cruz de Flores): para reconocer si existen características diferentes entre ambos grupos de fruticultores. Se recogió información sobre: edad, sexo, distrito, grado de educación, dimensión de huerta, ciclo familiar, tenencia de tierra, prioridad

en el trabajo, acceso a servicios, acceso al agua de riego, importancia del cultivo, valoración del efecto del clima y fenómeno El Niño 1997-1998. En el anexo 7 se presenta el formato de encuesta.

La encuesta ha sido elaborada considerando para cada respuesta la posibilidad de orden según su jerarquía, dirigida a productores de manzana Delicia. Para examinar si las características de los agricultores de la zona media y baja de la cuenca son diferentes, se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann Whitey, con un nivel de significancia del 95% a los parámetros estudiados. Los cálculos se realizaron con el apoyo del programa estadístico informático SPSS - 20.

CAPÍTULO IV: RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.1.1 *Variable clima: temperatura y humedad relativa*

4.1.1.1 Comportamiento térmico. El cultivo del manzano requiere de temperaturas idóneas para un óptimo desarrollo fisiológico, durante el descanso de yemas necesita horas de frío mientras que en floración demanda temperaturas cálidas.

Se contó con información meteorológica proveniente de cuatro estaciones de la cuenca del río Mala, georeferenciadas el mapa #1 y cuyos nombres e información se detallan:

- i. Estación meteorológica Santa Enriqueta (Instituto Huayuná).
 Longitud: 76°37'29.65".
 Latitud: 12°40'47.22".
 Altitud: 18 msnm.
 Período: 1991 a 2001 (11 años), temperatura máxima y mínima.
- ii. Estación meteorológica La Capilla 2 (SENAMHI).
 Longitud: 76°29'36.3".
 Latitud: 12°31'19.1".
 Altitud: 442 msnm.
 Período: 1992 a 2016 (25 años), temperatura máxima y mínima, humedad relativa.
- iii. Estación meteorológica Minay (Instituto Huayuná).
 Longitud: 76°25'35.52".

Latitud: 12°26'28.42".

Altitud: 720 msnm.

Período: 1992 a 1996 (5 años), temperatura máxima y mínima.

iv. Estación meteorológica Huarochirí (SENAMHI).

Longitud: 76°14'1".

Latitud: 12°08'1".

Altitud: 3182 msnm.

Período: 1981 a 2010 (30 años), temperatura máxima y mínima, humedad relativa.

4.1.1.1.1 Temperatura media (promedio). La temperatura media se describe como el promedio de la temperatura de las 24 horas del día, o la media entre la máxima y mínima (SENAMHI, 2013b). Para el presente estudio se halló la temperatura media con la información proporcionada por el SENAMHI y el Instituto Huayuná; de las temperaturas máximas y mínimas, se determinó la temperatura media mensual, según el periodo (anotado en 4.1.1.1 comportamiento térmico) en cada una de las estaciones meteorológicas, se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Temperatura media (°C) de las estaciones meteorológicas

Meses	Santa Enriqueta 18 msnm	Capilla 2 442 msnm	Minay 720 msnm	Huarochirí 3182 msnm
Enero	23.90	24.20	21.28	11.65
Febrero	24.63	25.27	20.00	11.61
Marzo	24.17	25.44	19.97	11.63
Abril	22.58	24.04	19.14	11.71
Mayo	20.55	21.27	17.21	11.73
Junio	18.90	18.92	15.14	10.91
Julio	18.00	18.09	14.43	11.13
Agosto	17.98	18.09	14.40	11.71
Setiembre	18.24	18.93	15.02	12.36
Octubre	18.99	20.01	15.58	12.38
Noviembre	20.22	21.01	16.10	12.13
Diciembre	21.86	22.59	17.00	11.91

Fuente. SENAMHI (1981-2016) e Instituto Huayuná (1991-2001).

El gráfico 5 muestra el comportamiento de la temperatura media, observando que en la estación Santa Enriqueta (18 msnm), es inferior a la estación Capilla 2 (442 msnm) a mayor altitud; mientras que en las estaciones Minay y Huarochirí, las temperaturas son inversamente proporcionales a la altitud.

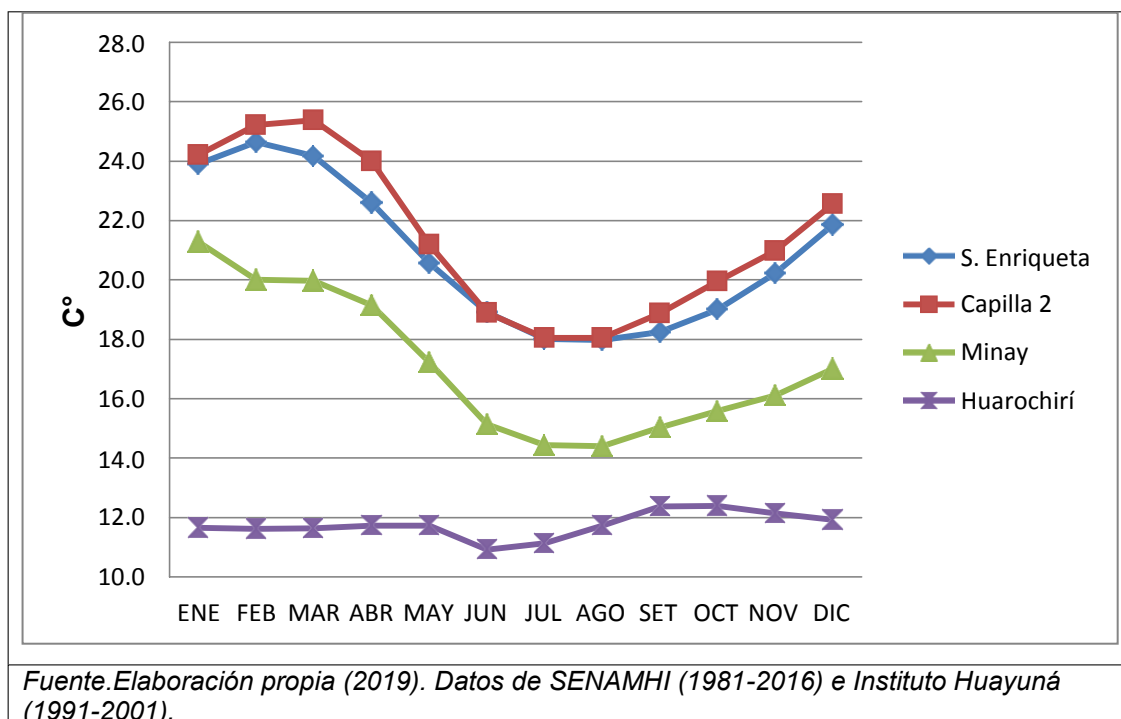


Gráfico 5. Comportamiento anual, temperatura media (\bar{x})

Este comportamiento anómalo en la estación Santa Enriqueta, cercana al mar, tendría su explicación por el efecto de las nubes bajas en la costa y su influencia en el microclima. Al respecto, investigadores afirman que la nubosidad tiene diferentes efectos en la temperatura en función de la altura de las nubes, así las nubes bajas ocasionan un enfriamiento, mientras que las nubes altas provocan un calentamiento. La nubosidad baja, formada por estratos y estratocúmulos, causan una reflexión de la radiación solar, produciendo temperaturas más bajas e influyendo especialmente las máximas y durante el verano. No obstante, en invierno, la mayor parte de los días con cielo tapado con este tipo de nubes, son más cálidos que los días serenos (Taulé, 2012). Estudios del departamento de meteorología de la

Universidad de Stockholm y la Universidad de Miami, muestran que las delgadas nubes de nivel medio ubicadas en los trópicos, tienen un efecto de enfriamiento en el clima (Bourgeois, Ekman, Igel, & Krejci, 2016). Estas nubes bajas incidirían en el particular microclima que presenta la zona baja de la cuenca.

Utilizando el programa estadístico SPSS-20 se hallaron las principales medidas estadísticas de tendencia central, presentados en la tabla 6. Para la media anual se determinaron los valores de 20.84 °C en Santa Enriqueta, 21.49°C en Capilla 2, 17.11 °C en Minay y 11.74 °C en Huarochirí. Los valores de la mediana son: 20.39°C en Santa Enriqueta, 21.14°C en Capilla 2, 16.55°C en Minay y 11.71°C para Huarochirí. La media y la mediana de la estación Capilla 2 presentan valores más elevados de temperaturas que las estaciones ubicadas a mayor altitud (Minay y Huarochirí), mientras que en Santa Enriqueta son menores por el efecto las nubes bajas y el albedo. La estación que presenta el menor rango es Huarochirí con solo 1.47 °C.

Tabla 6. Principales estadísticos descriptivos, temperatura media (°C)

	Santa Enriqueta	Capilla 2	Minay	Huarochirí
Media	20.84	21.49	17.11	11.74
Mediana	20.39	21.14	16.55	11.71
Moda	17.98 ^a	18.09	14.40 ^a	11.71
Desviación típica	2.51	2.76	2.42	0.43
Varianza	6.32	7.61	5.84	0.19
Rango	6.65	7.35	6.88	1.47
Mínimo	17.98	18.09	14.40	10.91
Máximo	24.63	25.44	21.28	12.38

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

Fuente. *Elaboración propia (2019).*

4.1.1.1.2 Temperatura mínima. La temperatura mínima es la temperatura más baja registrada en las 24 horas del día, se registra generalmente entre 05 a 08 horas; se mide con el termómetro de mínima en °C (SENAMHI, 2013b).

En el manzano, las temperaturas mínimas son relevantes en la producción, la acumulación de horas de frío induce al periodo de dormancia en las yemas. Durante este proceso fisiológico la planta disminuye sus funciones metabólicas, acumulando reservas y hormonas. Diversas investigaciones consideran a temperaturas inferiores a 7.2°C como las apropiadas para iniciar el proceso fisiológico de descanso de yemas en el manzano e iniciar la acumulación de Unidades de Frío - UF (Weinberger, 1950) (Gil, 2000). Sin embargo, estas condiciones no restringen que en la costa del Perú (zona árida) se cultiven caducifolios, siendo el departamento de Lima el principal productor del cultivo de manzano (Sabogal, 2002), cultivándose la manzana variedad Delicia a temperaturas mínimas mayores a las referidas en los conceptos de Unidades de Frío.

Se presenta el promedio mensual de la temperatura mínima en la tabla 7, según el periodo (anotado en 4.1.1.1 comportamiento térmico) para cada una de las estaciones meteorológicas, tres ubicadas en zonas de la cuenca donde se cultiva de manzana variedad Delicia (Santa Enriqueta, Capilla 2 y Minay) y la cuarta estación (Huarochirí) ubicada en la zona alta de la cuenca, donde actualmente no se cultiva manzana, pero es de interés para el análisis de la fisiología del frutal.

Tabla 7. Temperatura mínima (°C) de las estaciones meteorológicas

Meses	Santa Enriqueta 18 msnm	Capilla 2 442 msnm	Minay 720 msnm	Huarocharí 3182 msnm
Enero	20.2	18.5	15.8	6.6
Febrero	20.7	19.5	17.0	6.8
Marzo	20.1	19.3	17.1	6.8
Abril	18.5	18.0	16.6	6.3
Mayo	16.9	15.7	14.8	5.5
Junio	16.1	14.0	13.0	4.1
Julio	15.8	13.4	11.4	4.2
Agosto	15.7	13.2	11.1	5.0
Septiembre	15.8	13.5	11.7	5.8
Octubre	16.1	14.1	12.2	6.2
Noviembre	17.0	15.1	12.5	6.1
Diciembre	18.5	16.8	13.3	6.5

Fuente. SENAMHI (1981-2016) e Instituto Huayuná (1991-2001).

Las principales medidas estadísticas de tendencia central se presentan en la tabla 8. La estación Santa Enriqueta tiene la temperatura mínima media más elevada de las cuatro estaciones de la cuenca con 17.62°C, conforme se asciende hallamos que las temperaturas mínimas disminuyen su media anual, para la estación Capilla 2 es 15.93°C, la estación Minay es 13.88°C y finalmente la estación Huarocharí es 5.83°C. Es importante indicar que, al registrarse la temperatura mínima durante las primeras horas del día, el efecto de las nubes bajas y su albedo respecto a los rayos solares no influyen sobre este parámetro. En referencia a la mediana de las temperaturas mínimas en el año, la estación Santa Enriqueta tiene un valor de 16.95°C, la estación Capilla 2 de 15.40°C, para Minay es 13.15°C y en Huarocharí es de 6.15°C. El rango anual de las temperaturas mínimas registradas en las estaciones varía, siendo la estación con menor rango en las temperaturas mínimas la de Huarocharí con 2.7°C, presentando valores de 6.8°C a 4.1°C.

Tabla 8. Principales estadísticos descriptivos, temperatura mínima \bar{x} (°C)

	Santa Enriqueta	Capilla 2	Minay	Huarocharí
Media	17.62	15.93	13.88	5.83
Mediana	16.95	15.40	13.15	6.15
Moda	15.8 ^a	13.2 ^a	11.1 ^a	6.80
Desviación típica	1.90	2.40	2.27	0.94
Varianza	3.61	5.76	5.14	0.89
Rango	5.00	6.30	6.00	2.70
Mínimo	15.70	13.20	11.10	4.10
Máximo	20.70	19.50	17.10	6.80

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

Fuente. *Elaboración propia (2019).*

Durante el año, la temperatura mínima más elevada se registra en Santa Enriqueta, con valores de 20.7°C (febrero) a 15.7°C (agosto). Los agricultores de la zona baja de la cuenca, se ven obligados a inducir el proceso de dormancia (descanso de yemas) solo durante los meses de julio a setiembre; los demás meses, no se puede porque las temperaturas no son las apropiadas ya que la temperatura mínima es mayor a 16°C, reportadas como negativas en Unidades de Frío (UF) menos 0.5 UF (Villalpando, 1985). El agricultor de la zona media tiene más meses para realizar el periodo de inducción a dormancia, en Calango desde mayo a noviembre y en Minay de mayo a enero.

En la gráfica 6 del comportamiento de las temperaturas mínimas \bar{x} , se observa que las estaciones Santa Enriqueta, Capilla 2 y Minay presentan curvas con tendencia similar de mayor temperatura durante enero y febrero, para descender sus valores en julio y agosto. La estación Huarocharí presenta un comportamiento más homogéneo en el año.

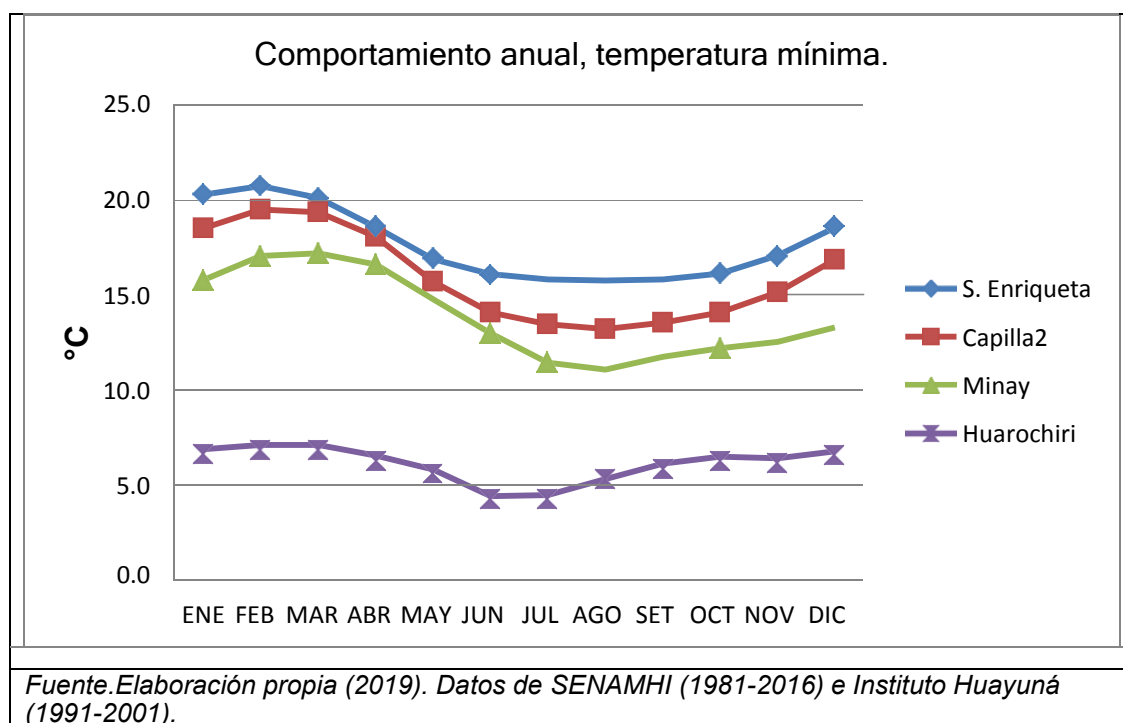


Gráfico 6. Comportamiento anual, temperatura mínima (\bar{x})

4.1.1.1.3 Temperatura máxima. La temperatura máxima es la más alta registrada durante las 24 horas del día, generalmente se registra entre las 12 a 16 horas, se mide con el termómetro de máxima en °C (SENAMHI, 2013b).

La floración en los frutales caducifolios, independientemente de estar ligada a caracteres genéticos y necesidad de frío invernal, está influida por la temperatura posterior al reposo. Las temperaturas en primavera se conocen como necesidad de calor para la floración, cuanto más altas sean, mayor precocidad habrá en la floración, primaveras frescas dan lugar a floraciones tardías y prolongadas (Campos, 2005).

Se presenta el promedio mensual de la temperatura máxima, según el periodo (anotado en 4.1.1.1 comportamiento térmico) para cada una de las estaciones meteorológicas, ver la tabla 9. La temperatura máxima evidencia diferencias en la cuenca, para este parámetro la estación

Santa Enriqueta presenta un menor valor respecto a la estación Capilla 2, justificado por los efectos de las nubes bajas y el albedo, cuyo impacto reduce la temperatura máxima (Taulé, 2012), creando un microclima en Santa Enriqueta respecto al presentado en las estaciones Capilla 2 y Minay, la estación Huarochirí tiene un comportamiento diferente.

Tabla 9. Temperatura máxima (°C) de las estaciones meteorológicas

Meses	Santa Enriqueta 18 msnm	Capilla 2 442 msnm	Minay 720 msnm	Huarochirí 3182 msnm
Enero	27.6	29.9	29.4	16.7
Febrero	28.6	31.1	30.7	16.4
Marzo	28.3	31.6	30.8	16.4
Abril	26.6	30.1	29.4	17.2
Mayo	24.3	26.9	26.6	17.9
Junio	21.7	23.8	23.4	17.7
Julio	20.2	22.8	23.2	18.1
Agosto	20.2	23.0	23.5	18.4
Septiembre	20.7	24.3	24.3	18.9
Octubre	21.9	26.0	25.2	18.6
Noviembre	23.4	26.9	26.1	18.1
Diciembre	25.2	28.4	27.6	17.3

Fuente. SENAMHI (1981-2016) e Instituto Huayuná (1991-2001).

Las principales medidas estadísticas de tendencia central del parámetro temperatura máxima, permiten determinar respecto a la media anual que la estación Huarochirí tiene el menor valor 17.64°C, inferior por lo menos en 6°C que las demás. La estación Santa Enriqueta tiene un valor de 24.06°C influenciada por el microclima local (nubes bajas) antes mencionado, la estación Capilla 2 tiene un valor de 27.07°C y la estación Minay 26.68 °C. La mediana de las estaciones es: 23.85°C en Santa Enriqueta; 26.90°C en Capilla 2; 26.35 °C en Minay y 17.80 °C en Huarochirí. El menor rango se da en Huarochirí con 2.5°C, con valores entre 18.90°C y 16.4°C.

Tabla 10. Principales estadísticos descriptivos, temperatura máxima \bar{x} (°C).

	Santa Enriqueta	Capilla 2	Minay	Huarocharí
Media	24.06	27.07	26.68	17.64
Mediana	23.85	26.90	26.35	17.80
Moda	20.20	26.90	29.40	16.4 ^a
Desviación típica	3.17	3.16	2.86	0.84
Varianza	10.06	10.01	8.18	0.71
Rango	8.40	8.80	7.60	2.50
Mínimo	20.20	22.80	23.20	16.40
Máximo	28.60	31.60	30.80	18.90

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente. Elaboración propia (2019).

El gráfico 7, presenta la curva del comportamiento anual de las temperaturas máximas, para las estaciones Santa Enriqueta, Capilla 2 y Minay descende en julio y agosto; mientras el comportamiento en Huarocharí es diferente.

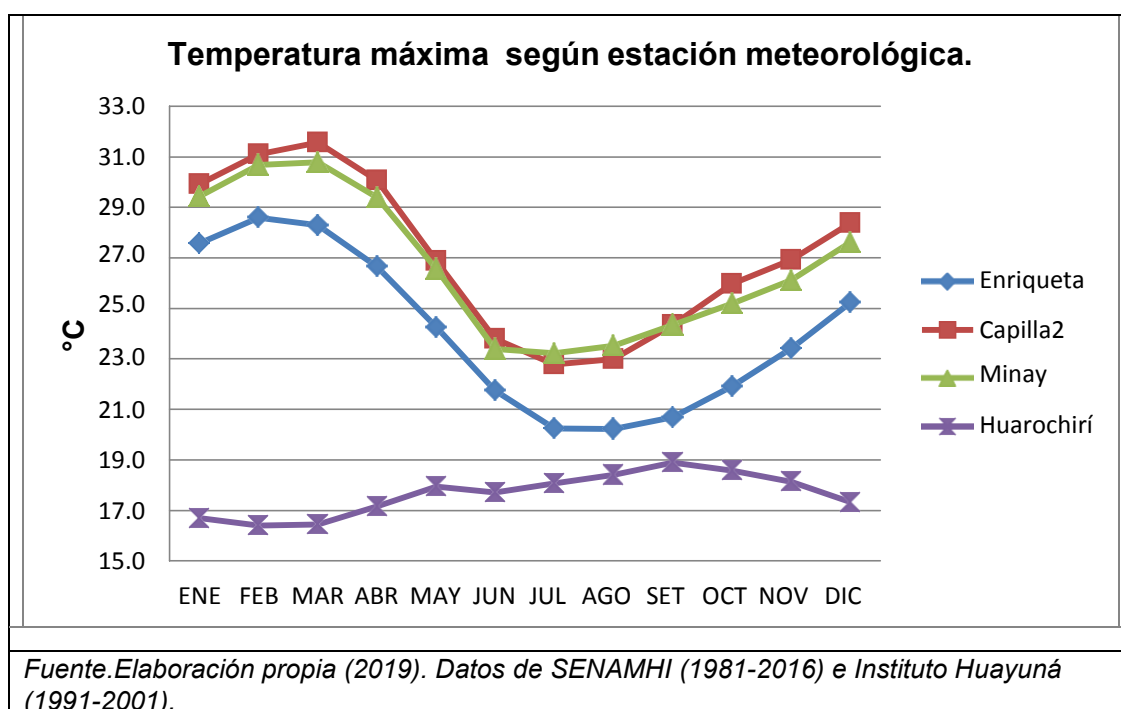


Gráfico 7. Comportamiento anual, temperatura máxima (\bar{x})

La cantidad de energía disponible para un vegetal como resultado del intercambio con el exterior es difícil de medir, la temperatura del aire ha pasado a usarse como una medida aceptable de disponibilidad calórica ambiental, el cumplimiento de funciones vitales, cuantificada la temperatura de crecimiento y desarrollo de los vegetales (Pascale & Damardo, 2013). Al requerir temperaturas apropiadas para su brotación y floración, si la temperatura es muy baja o muy alta, se inhiben los procesos fisiológicos (Campos, 2005). Mientras que, en las zonas baja y media de la cuenca se cultiva la manzana variedad Delicia, en la parte alta de la cuenca, en Huarochirí, se producen otros cultivos como la papa y habas.

4.1.1.1.4 *Amplitud térmica.* La amplitud térmica es la diferencia entre los valores máximos y mínimos de temperatura en un periodo de tiempo, se expresa en °C y es un factor decisivo en la adaptación de especies al estar ligado a procesos fisiológicos. Las exigencias bioclimáticas de las especies perennes caducifolias (manzano) se caracterizan por ser más favorables en condiciones de gran amplitud térmica anual o diaria, requisito que se debe satisfacer para que las plantas florezcan sin anomalías que comprometan el rendimiento del cultivo. (Pascale & Damardo, 2013).

Se presenta el promedio mensual de la amplitud térmica, según el periodo (anotado en 4.1.1.1 comportamiento térmico) para cada una de las estaciones meteorológicas, ver la tabla 11. La estación ubicada a menor altitud, Santa Enriqueta, presenta los valores más bajos de amplitud térmica de las actuales zonas productoras de manzana variedad Delicia, la producción se desarrolla en límites estrechos. En observaciones de campo, el color rojo característico de la manzana Delicia se manifiesta más intenso y uniforme en la zona media de la cuenca (estaciones Capilla 2 y Minay) con respecto a la zona baja de la cuenca (estación Santa Enriqueta) que presenta frutos menos

pigmentados y de color desigual (Peralta, 2017). Relacionando una mejor pigmentación y color del fruto con valores más elevados de amplitud térmica en la cuenca.

Tabla 11. Amplitud térmica (°C), data histórica

Meses	Santa Enriqueta 18 msnm	Capilla 2 442 msnm	Minay 720 msnm	Huarocharí 3182 msnm
Enero	7.4	11.4	13.6	10.1
Febrero	7.9	11.6	13.7	9.6
Marzo	8.2	12.3	13.7	9.6
Abril	8.1	12.1	12.8	10.9
Mayo	7.4	11.2	11.8	12.4
Junio	5.6	9.8	10.4	13.6
Julio	4.4	9.4	11.8	13.9
Agosto	4.5	9.8	12.4	13.4
Septiembre	4.9	10.8	12.6	13.1
Octubre	5.8	11.9	13.0	12.4
Noviembre	6.4	11.8	13.6	12.0
Diciembre	6.7	11.6	14.3	10.8

Fuente. Elaboración propia (2019). SENAMHI (1981-2016) e Instituto Huayuná (1991-2001)

Las principales medidas estadísticas de tendencia central del parámetro amplitud térmica (ver tabla 12), permiten identificar respecto a la media anual que, la estación con menor amplitud térmica en la cuenca es Santa Enriqueta con 6.44°C, mientras se incrementa la altitud, los valores de la amplitud térmica se incrementan a 11.14°C para Capilla 2; 12.81°C para Minay y 11.82°C para Huarocharí. Los valores de la mediana son: 6.55°C en Santa Enriqueta; 11.50°C en Capilla 2; 12.90°C en Minay y 12.20°C en Huarocharí. La estación que presenta el mayor rango de amplitud térmica es Huarocharí, con un valor máximo de 13.90°C y mínimo de 9.60°C.

Mayor amplitud térmica es indicador de mejor condición para el desarrollo de cultivos caducifolios como el manzano; sin embargo, de nada serviría si no se relaciona con los parámetros antes mencionados de temperaturas máximas y mínimas, las que permiten en conjunto, el desarrollo de un proceso fisiológico correcto en el frutal. Del estudio se observa que, la estación Huarochirí presenta valores similares a las estaciones Capilla 2 y Minay; pero, al no contar con las temperaturas máximas adecuadas para la brotación, es imposible el cultivo de manzano en la zona alta en la cuenca. Mientras que, en la estación Santa Enriqueta ubicada en la zona baja de la cuenca, donde actualmente se produce manzanas, se presenta el rango más estrecho de amplitud térmica de 8.20°C a 4.40°C, la producción se ve vulnerable a un incremento en sus temperaturas mínimas, la adaptación del cultivo del manzano se ha realizado con los valores más bajos de amplitud térmica, un incremento en la temperatura como parte del cambio climático, tendrá un impacto en la producción.

Tabla.12. Principales estadísticos descriptivos, amplitud térmica \bar{x} (°C).

	Santa Enriqueta	Capilla 2	Minay	Huarochirí
Media	6.44	11.14	12.81	11.82
Mediana	6.55	11.50	12.90	12.20
Moda	7.40	9.8 ^a	11.8 ^a	9.6 ^a
Desviación típica	1.39	0.98	1.09	1.57
Varianza	1.94	0.96	1.20	2.46
Rango	3.80	2.90	3.90	4.30
Mínimo	4.40	9.40	10.40	9.60
Máximo	8.20	12.30	14.30	13.90

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

Fuente. Elaboración propia (2019).

El gráfico 8, muestra el comportamiento anual del parámetro amplitud térmica para las cuatro estaciones meteorológicas de la cuenca del río Mala. Se observa que la estación Santa Enriqueta presenta los menores valores en la cuenca, su comportamiento muestra que de

mayo a agosto desciende la amplitud térmica, similar al comportamiento del referido parámetro para la estación Capilla 2, que presenta una curva de comportamiento anual superior a Santa Enriqueta; pero inferior a los valores que alcanza en la estación Minay, donde solo de mayo a junio se identifica un descenso. La estación Huarochirí, presenta un comportamiento anual diferente a las demás estaciones de la cuenca, incluso presenta un comportamiento opuesto, ya que sus valores ascienden de abril a agosto.

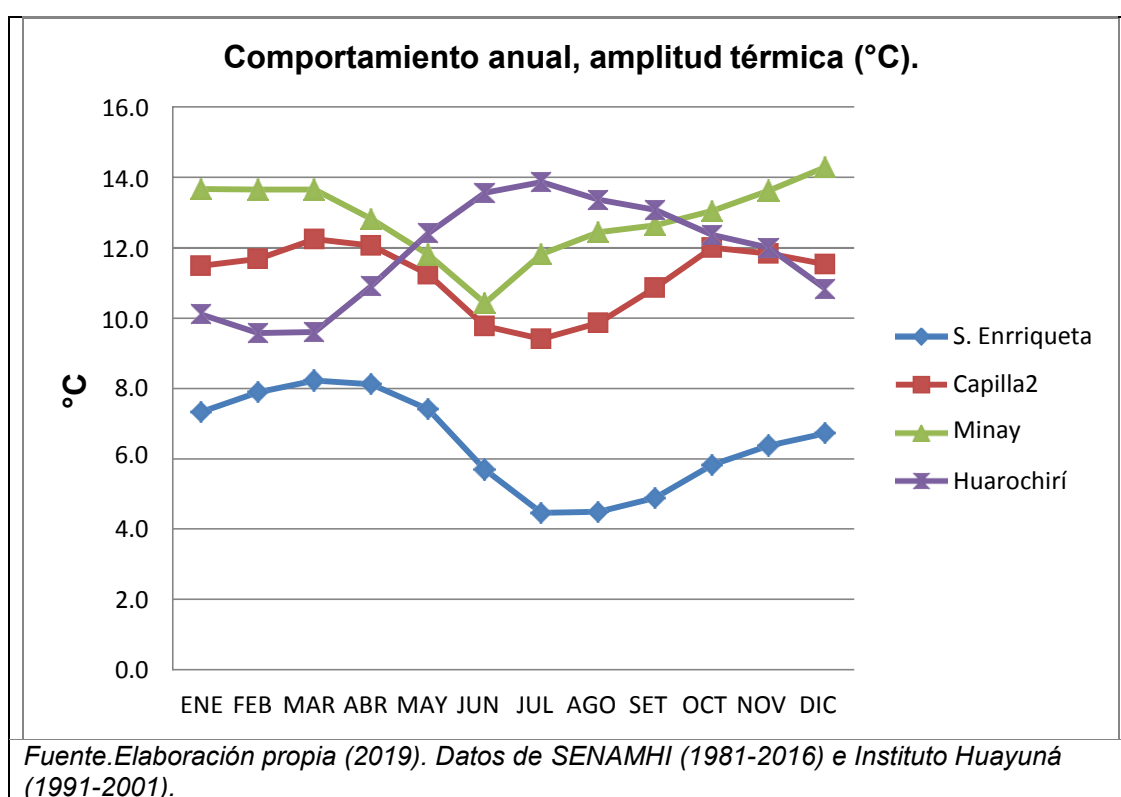


Gráfico 8. Comportamiento anual, amplitud térmica (°C).

4.1.1.2 Comportamiento de la humedad relativa. La humedad relativa se refiere al contenido de agua en el aire, se define como el porcentaje de saturación del aire con vapor de agua, se expresa como la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico

de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y presión (SENAMHI, 2013c).

En la cuenca solo las estaciones meteorológicas Capilla 2 y Huarochirí poseen el higrómetro, instrumento que registra la humedad relativa. La variable, humedad relativa, tiene influencia en la transpiración de la planta (Campos, 2005), menores valores indican climas más secos para el desarrollo vegetal. En campo, valores mayores al 75% en la humedad relativa se relacionan con la presencia de enfermedades en el cultivo de manzano, de las cuales el oídio (*Podosphaera leucotricha*) se presenta como endémico en la cuenca (Peralta, 2017).

La tabla 13 muestra el promedio mensual de la humedad relativa de las estaciones meteorológicas según el periodo (anotado en 4.1.1.1 comportamiento térmico). Junio es el mes con mayor valor de humedad relativa (85%) para la estación Capilla 2; mientras que para la estación Huarochirí es en marzo (86.3%).

Las principales medidas estadísticas de tendencia central del parámetro humedad relativa se presentan en la tabla 14. La media anual de la humedad relativa en la estación Capilla 2 es 82.05%, superior a la registrada en la estación Huarochirí de 79.64%, indicándonos un clima más seco. La mediana presenta los valores de 81.67% en Capilla 2 y de 78.67% en Huarochirí. Los valores más homogéneos de la humedad relativa en el año, se hallan en la estación Capilla 2 con un rango de 5.67%, mientras la estación Huarochirí tiene un rango de 11%, con un valor máximo de 86.33% en marzo y un mínimo de 75.33% de julio a setiembre.

Tabla 13. Humedad relativa (%), data histórica

Meses	Capilla 2 442 msnm	Huarocharí 3182 msnm
Enero	79.3	84.3
Febrero	80.0	85.3
Marzo	80.0	86.3
Abril	80.3	82.3
Mayo	84.0	79.3
Junio	85.0	75.7
Julio	84.7	75.3
Agosto	84.0	75.3
Septiembre	83.3	75.3
Octubre	82.0	77.0
Noviembre	81.3	78.0
Diciembre	80.7	81.3

Fuente. SENAMHI (1981-2016).

Tabla 14. Principales estadísticos descriptivos, humedad relativa (%)

Humedad relativa%	Capilla 2	Huarocharí
Media	82.05	79.64
Mediana	81.67	78.67
Moda	80.00 ^a	75.33
Desviación típica	2.04	4.16
Varianza	4.18	17.32
Rango	5.67	11.00
Mínimo	79.33	75.33
Máximo	85.00	86.33

a. Existen varias modas. Se muestra el menor valor

Fuente. Elaboración propia (2019).

El gráfico 9, presenta el comportamiento anual de la humedad relativa (%), mientras en marzo los valores de la estación Capilla 2 ascienden, para la estación Huarocharí descienden; en diciembre sucede lo opuesto.

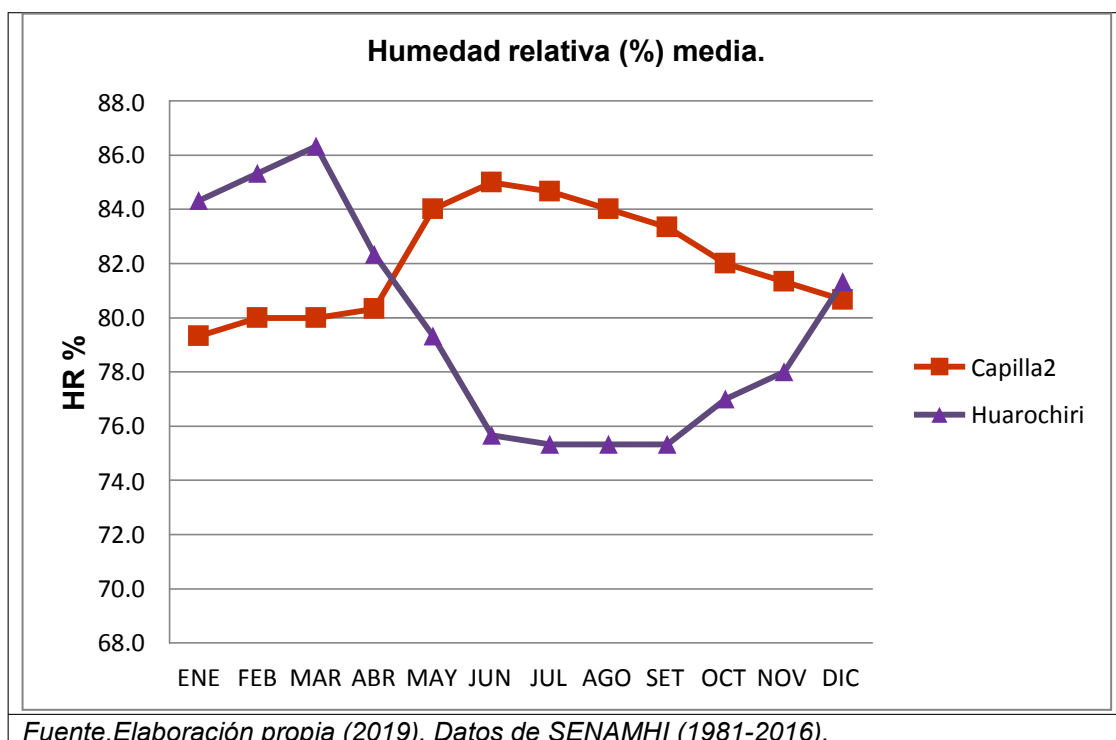


Gráfico 9. Comportamiento anual, humedad relativa (%) media.

4.1.2 Variable física: características edafológicas

La caracterización edafológica del ámbito de estudio, se desarrolló siguiendo los procedimientos establecidos por la ciencia de suelo (Betrán & Pardo, 2015) tomando 20 muestras compuestas en huertas de manzana variedad Delicia. Se consideró el mapa de textura de suelos elaborado por la ONERN en 1976, como base para elaborar el mapa #2: estudio edafológico - textura, al cual se incorpora la ubicación geo referenciada de las huertas muestreadas.

Se efectuó el análisis edafológico de caracterización de suelos (ver tabla 15), en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía de La Universidad Nacional Agraria - La Molina. Los resultados de calidad del suelo han sido ordenados en trece indicadores de calidad, identificados de acuerdo a los estándares de calidad establecidos en el manual de edafología de la Universidad Nacional Agraria - La Molina (anexo 5). Se identificó de

acuerdo a los niveles óptimo, regular o deficiente para el crecimiento vegetal, los resultados se presentan a continuación.

- a) pH.** Se conoce como la reacción del suelo al grado de acidez o alcalinidad del mismo, es un indicador muy importante, la disponibilidad de los nutrientes del suelo para la planta dependen de los valores de este indicador. Los valores hallados en la investigación varían de 7.36 a 8.23, indicando suelos ligeramente alcalinos a moderadamente alcalinos.
- b) Conductividad eléctrica.** Indica el paso de la corriente eléctrica en la solución suelo, se mide en una proporción de un volumen agua y un volumen de suelo (1:1), en unidades dS/m. El valor mínimo hallado es 0.2 dS/m y máximo de 3.2 dS/m; el rango varía de suelos no salinos hasta suelos escasamente salinos. El cultivo del manzano con portainjerto de membrillo, es tolerante a la condición escasa de sales.
- c) Textura.** Revela el tamaño de las partículas minerales del suelo, la clase textural se obtiene del porcentaje de arena, limo o arcilla presentes en cada suelo. En el estudio, los suelos muestreados presentan las clases texturales: franco y franco arenoso, indicando suelos de textura media y moderadamente gruesa. En 1976 un estudio de la cuenca del río Mala elaboró un mapa de texturas (ONERN, 1976), al incorporar la ubicación geo referenciada de las huertas del presente estudio; contrastando los resultados obtenidos para textura de suelo con el mapa base elaborado del estudio anterior, las texturas guardan concordancia y el suelo no habría modificado su textura en los últimos 37 años. La escasa precipitación en la zona de estudio contribuye a la estabilidad del referido parámetro en el tiempo.
- d) Carbonato de calcio (%).** Indica presencia de calcita en la formación del suelo, en un porcentaje alto ocasiona bloqueo de nutrientes para la planta. El carbonato de calcio varía de 0.1% a 3.9%, se interpreta como valores bajos y medios.
- e) Materia orgánica (%).** Para un suelo con fines agrícolas, la presencia de materia orgánica formando parte del humus del suelo, asegura un suelo saludable y fértil. El porcentaje de materia orgánica de los suelos

muestreados en el estudio varía desde valores bajos 0.6% a valores medios 2.4%.

f) Fósforo (ppm). El fósforo es uno de los tres elementos mayores necesarios en la nutrición vegetal. Si bien predomina el nivel alto para las huertas muestreadas, hallamos también niveles bajos y medios. Los valores varían desde 4.3ppm a 45.1ppm.

g) Potasio (ppm). El potasio es un elemento mayor en la nutrición vegetal. El nivel que predomina en los huertos muestreados es el medio, aunque también se presentan huertas con niveles bajos y altos. El valor mínimo fue de 50ppm y el máximo de 404ppm.

h) Capacidad de intercambio catiónico. Este indicador muestra el grado de fertilidad de un suelo. Los valores obtenidos en la presente investigación van desde 7.04 a 14.72 cmol(c)/kg lo cual indica valores bajos para el crecimiento vegetal, siendo los valores menores a 10 cmol(c)/kg los más preocupantes, porque indicarían que el lavado de bases procedentes de la alteración será muy alto y es insuficiente para el desarrollo vegetal (De Pedraza, 1996).

i) Acidez cambiante (%). Referido a la cantidad de iones $Al^{+3}+H^{+}$ que tiene un suelo expresado en porcentaje. Se presenta en suelos ácidos, no es el caso. El valor es cero para todos los huertos, siendo lo óptimo para el cultivo del manzano.

Se ha desarrollado el análisis de los cationes: Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} y $Al^{+3}+H^{+}$ y sus principales relaciones catiónicas, que orientan las proporciones más favorables para el desarrollo vegetal. En edafología la ley de Liebig o del mínimo, afirma que el crecimiento vegetal no es controlado por el elemento del suelo más abundante disponible, sino limitado por el elemento más escaso (Lesur S. , 2014). Las relaciones catiónicas desarrolladas son: Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y K/Na.

j) Relación Ca/Mg. El rango óptimo es de 5 a 8. Solo once de las veinte huertas muestreadas se encuentran en dicho rango.

k) Relación Ca/K. El rango óptimo es de 14 a 16. Solo se detecta una huerta en el rango óptimo.

l) Relación Mg/K. El rango óptimo es de 1.8 a 2.5. Solo se localiza una huerta en el rango óptimo.

m) Relación K/Na. El rango óptimo es mayor a 1.5, siete huertas se ubican en este rango óptimo.

Tabla 15. Resultado análisis de caracterización de suelos de huertas muestreadas

Nº	pH 1:1	C.E. 1:1 dS/m	CaCO ₃ %	M.O%	P ppm	K ppm	CIC	Relaciones catiónicas				A.C %	Textura
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/Na		
1	7.77	0.64	0.5	1.0	5.6	117	13.92	5.7	34.2	6	1	0	Fr
2	7.53	2.79	0.6	1.5	38.4	356	11.2	6.3	13.7	2.2	2.5	0	Fr.A.
3	8.05	0.34	1.16	0.3	5.0	76	8.32	6.5	28.5	4.4	1.3	0	Fr.A.
4	7.63	0.49	0.1	0.9	17.1	157	12.8	6.1	25.4	4.2	1.5	0	Fr.A.
5	7.36	0.46	0.6	2.1	20.5	197	14.72	4.9	22.2	4.6	1.9	0	Fr
6	7.5	0.48	0.3	2.4	11.1	124	13.28	5.7	45.4	7.9	1	0	Fr
7	7.62	0.31	1.5	2.2	17.6	152	13.44	3.4	23.9	7.1	1.2	0	Fr
8	7.99	1.23	0.5	1.0	8.2	126	10.24	8.1	39.5	4.9	0.9	0	Fr.A.
9	7.52	2.15	0.2	1.6	33.1	272	11.2	5.5	17.3	3.2	1.9	0	Fr
10	7.53	1.24	0.7	1.7	7.6	118	11.2	5	23.7	4.8	1.3	0	Fr
11	7.81	2.73	1.6	0.6	21.5	404	8.0	4.3	6.2	1.4	2	0	Fr.A.
12	8.23	0.26	1.0	1.1	16.7	245	7.2	4.5	12.3	2.8	3.4	0	Fr.A.
13	7.87	3.2	1.5	1.2	33.8	318	8.32	3.6	10.2	2.8	1.2	0	Fr.A.
14	7.8	0.3	2.6	1.2	6.2	102	7.04	4.6	17.8	3.9	1.3	0	Fr.A.
15	7.63	0.28	2.5	1.8	45.1	218	11.2	4.3	16.7	3.8	2.4	0	Fr.A.
16	7.73	0.54	2.0	1.3	9.4	116	7.68	5.3	25.2	4.7	0.9	0	Fr.A.
17	7.65	0.81	0.4	1.3	9.7	173	8.32	5	19.1	3.8	2	0	Fr.A.
18	7.87	0.2	1.0	1.0	4.3	50	8.8	6.5	40.6	6.3	0.9	0	Fr.A.
19	7.76	0.52	1.5	1.3	15.1	145	10.72	5.3	32.7	6.2	0.7	0	Fr
20	7.76	1.93	3.9	1.6	9.5	252	10.56	4.7	14.1	3	1.4	0	Fr.A.

Fr=Franco, Fr.A=Franco Arenoso

Fuente. Elaboración propia (2019), basado en el análisis de fertilidad de suelos, empleando el sistema de color semáforo .

La tabla 15 presenta los resultados de los análisis de caracterización de suelos de las veinte huertas, se muestran los valores numéricos para cada indicador, se ha incorporado la calificación de la metodología semáforo, que distingue con colores los valores óptimos (verde), regular (naranja) o deficientes (rojo) de cada indicador para el crecimiento vegetal, se ha

identificado según el rango de calidad establecido en el manual de edafología de La Universidad Nacional Agraria - La Molina (ver anexo 5).

Los resultados del presente estudio muestran suelos agrícolas con algunas limitaciones de calidad, plausibles de ser corregidas en el manejo técnico del cultivo. Un estudio anterior determina que no se presentan suelos de clase-1 en la cuenca del río Mala. Describiendo a esta con suelos de clase-2, con deficiencias ligeras a moderadas; así como suelos clase-3 de una calidad agrológica mucho más restringida, debido a que se acentúan más las deficiencias (ONERN, 1976).

Complementariamente, se realizó la toma de una muestra del agua en el canal de riego de la huerta #13 en la zona baja (Mala). El agua tiene pH neutro 6.68, óptimo para el desarrollo vegetal; con una clasificación C3 - S1, agua con presencia de sales; sin embargo, puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje y con un bajo contenido de sodio, siendo óptimo para el desarrollo vegetal dado que el suelo es de textura Franco Arenoso. El análisis de agua se ubica en el anexo 6.

4.1.3 Variable social: características campesinas

En la variable social se identifican las características comunes de los agricultores productores de manzana Delicia en las zonas media y baja de la cuenca. Para contextualizar las particularidades de la población y su trabajo en la actividad, orientada por el enfoque de medios de vida sostenibles (MVS) la investigación considera los capitales: humano, natural, financiero y físico.

Para determinar las principales características sociales, se realizó una encuesta (anexo 7) a 100 agricultores productores de manzana Delicia, 40

en la zona media (Calango) y 60 en la zona baja (Mala, San Antonio y Santa Cruz de Flores). Las variables indagadas fueron: edad, grado de educación, dimensión de huerta, ciclo familiar, tenencia de la tierra, tipo de trabajo, acceso a servicios (agua, luz eléctrica, desagüe, teléfono, transporte), acceso al agua de riego, cultivo más importante y capacidad de inversión. Adicionalmente, hay dos preguntas de opinión sobre el clima y los efectos del fenómeno de El Niño de 1997-1998.

a) **Edad.** Conformando el capital humano, la edad de los agricultores dedicados a la producción del manzano es la primera variable social a estudiar, la misma que muestra la renovación generacional en la actividad agropecuaria. Los resultados evidencian que se está ante una población de agricultores que envejece; solo una cuarta parte (25%) de la población de agricultores se ubica en el rango de 25 a 49 años, siendo el 75% mayor a 50 años. La zona baja, concentra una mayor proporción de agricultores en edad de jubilación, mayores de 65 años.

En la zona baja de cuenca, el promedio de edad es de 60.83 años, con una mediana de 63.50, la edad más baja registrada en la encuesta fue 29 años y la más alta 88 años. Mientras que, en la zona media, el promedio es de 55.95 años, con una mediana de 57.50; el rango de edades varía de 29 a 75 años.

Tabla 16. Rango de edades

Rango de edades	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
25 - 49 años	10	25.0%	14	23.3%	24	24.0%
50 - 64 años	22	55.0%	19	31.7%	41	41.0%
65 años a +	8	20.0%	27	45.0%	35	35.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

El envejecimiento de las poblaciones rurales, es una dinámica compleja que se hace evidente en el presente estudio, las poblaciones jóvenes migran dejando el campo, la problemática también sucede en otros países. Un estudio en Marruecos, Argelia y Túnez señala que el envejecimiento de la población rural y las deficiencias estructurales, son los factores que inciden en el desinterés de la población más joven por permanecer en el medio rural, aumentando la migración; se explica por deficiencias estructurales existentes, las centradas en el escaso apoyo institucional, la baja capacitación de los agricultores, las deficiencias en infraestructuras, así como los procesos de desertización y cambio de clima. Las deficiencias estructurales privan de oportunidades a los jóvenes agricultores y dejan a una población envejecida menos capacitada para introducir mejoras en la agricultura (Machín & Pardo, 2013).

- b) **Grado de educación.** Prosiguiendo con el capital humano, el grado de instrucción de los agricultores da luces sobre la preparación humana necesaria para asumir la especialización que demanda la actividad frutícola.

La encuesta muestra que, en la zona media predominan los agricultores con nivel de instrucción secundaria; mientras que, en la zona baja son similares los agricultores con instrucción secundaria y técnica/superior con una ligera superioridad en la educación técnica o superior. Aproximadamente solo una cuarta parte de la población de agricultores son los menos instruidos con primaria.

Estamos frente a un grupo de agricultores instruidos que manejan técnicas de poda, injerto, abonamiento, que poseen un conocimiento técnico para instalar y conducir su huerta de manzana.

Tabla 17. Grado de instrucción

Grado de instrucción	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Primaria	7	17.5%	17	28.3%	24	24.0%
Secundaria	21	52.5%	21	35.0%	42	42.0%
Técnica o Superior	12	30.0%	22	36.7%	34	34.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019)..

c) **Ciclo familiar.** Conformando el capital humano se considera el ciclo familiar. Los hogares atraviesan etapas similares a las etapas del desarrollo humano. El inicio o núcleo familiar lo constituyen las personas solteras o parejas sin hijos, menores de 50 años. Se considera familia en expansión cuando la pareja tiene hijos menores de edad, cuyas necesidades básicas de alimento, educación y salud deben ser satisfechas por los padres. Posteriormente, las familias evolucionan a maduras o senescentes, parejas cuyos hijos son mayores de edad, independientes y con su propio proyecto de vida. En el caso de los agricultores solteros sin descendencia, solo se consideran senescentes a aquellos mayores de 65 años. En la evolución de la familia, las necesidades económicas y sociales varían según su desarrollo familiar, la actividad productiva debe ser capaz de cubrir las necesidades económicas familiares, así una familia en expansión buscará satisfacer las necesidades de los hijos.

El estudio expresa similar tendencia en ambas zonas respecto al ciclo familiar, predominan las familias senescentes o maduras en un 65% en la zona media y 73% en la zona baja de la cuenca, guardando concordancia con el parámetro edad antes expuesto.

Tabla 18. Ciclo familiar

Ciclo familiar	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Núcleo inicial familiar	4	10.0%	4	6.7%	8	8.0%
Familia en expansión	10	25.0%	12	20.0%	22	22.0%
Familia senescente	26	65.0%	44	73.3%	70	70.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

d) **Dimensión de huerta.** Para los MVS, el terreno agrícola forma parte del capital físico, con el que se realiza la actividad productiva. Una mayor extensión agrícola proveerá de la posibilidad de un área de siembra que genere más ingresos al agricultor y su familia.

En base al contexto local, se ha propuesto tres niveles de dimensiones en las huertas, las respuestas indican predominio de huertas muy pequeñas, de máximo una hectárea en ambas zonas de estudio con el 55%, se percibe un efecto atomizador del terreno producido, posterior a la reforma agraria. Solo se han registrado en la zona baja el 8.3% de huertas mayores de 5 hectáreas, específicamente en el distrito de Mala.

Tabla 19. Dimensión de huerta

Rango de Huertas	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
hasta 1 ha	22	55.0%	33	55.0%	55	55.0%
de 1.1 a 5 ha	18	45.0%	22	36.7%	40	40.0%
más de 5 ha	0	0.0%	5	8.3%	5	5.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- e) **Tenencia de la tierra.** La posesión de la tierra compone el capital financiero, brinda información sobre la relación jurídica o consensuada, entre el agricultor u otros individuos sobre la tierra.

Son tres las alternativas de tenencia de la tierra contempladas en el estudio: el terreno propio inscrito en el registrado público SUNARP, el PETT – MINAGRI formalizó la propiedad de la tierra de uso agrario en los cuatro distritos de estudio, lo que permite al agricultor acceder al crédito bancario para invertir en capitalizar bienes de equipo u otros en la huerta. La modalidad asociado, denominado localmente “en compañía”, es el trabajo agrícola de la producción de manzana realizado por el agricultor local y el propietario del terreno (generalmente un familiar), ambos invierten en la campaña agrícola, para distribuirse los benéficos de la cosecha. El alquiler del terreno para la producción de manzana, requiere de una inversión monetaria, usualmente los contratos de alquiler de las huertas de manzana son de varios años para recuperar la inversión. En el estudio se observa que la relación con la tierra más ampliamente empleada en huertas de manzana es el terreno propio, con un 72.5% en la zona media y un 73.3% en la zona baja.

Tabla 20. Tenencia de tierra

Tenencia de tierra	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Terreno propio	29	72.5%	44	73.3%	73	73.0%
Terreno asociado	6	15.0%	8	13.3%	14	14.0%
Terreno alquilado	5	12.5%	8	13.3%	13	13.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- f) **Prioridad en trabajo.** Integrando el capital financiero, se estudia la prioridad en el trabajo agrícola. El trabajo exclusivamente agrícola sugiere que, la actividad agrícola es capaz de producir económicamente lo necesario para satisfacer las necesidades familiares. No ocurre lo mismo cuando la actividad agrícola es complementada por otras actividades como pesca eventual o construcción, aunque la actividad agrícola es la principal fuente de ingresos familiar no es suficiente y requiere de actividades complementarias para la economía familiar. Una tercera situación se da cuando la dedicación principal se dirige a otras actividades productivas y el trabajo agrícola pasa a ser un ingreso complementario y no el más importante.

Considerando las tres situaciones antes descritas, en la encuesta se observa que, en la zona media y baja de la cuenca, predomina el trabajo exclusivamente agrícola como fuente de ingreso familiar, con un 75% y 60% respectivamente. El análisis revela que la actividad de producción de la manzana Delicia, es lo suficientemente rentable para mantener las necesidades de la población, con las características antes mencionadas de edad y evolución de ciclo familiar.

Tabla 21. Prioridad en el trabajo

Trabajo	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Tiempo completo: Exclusivamente agrícola	30	75.0%	36	60.0%	66	66.0%
Tiempo parcial: Agrícola complementado por otra actividad	7	17.5%	15	25.0%	22	22.0%
Tiempo parcial: Otra actividad complementado por agrícola	3	7.5%	9	15.0%	12	12.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- g) **Acceso a servicios.** En el estudio, el acceso a servicios básicos de las familias que cultivan manzana Delicia, es considerado dentro del capital humano, debido a que influye directamente en la calidad de vida familiar y alguna carencia tiene un impacto inmediato.

Antes de presentar los resultados de la encuesta, se describen las características en las poblaciones estudiadas. En la zona media (distrito de Calango) la mayoría de los agricultores habitan en el centro poblado y se desplazan a la huerta para el trabajo agrícola. En la zona baja (distritos de Mala, San Antonio y Santa Cruz de Flores) no siempre es así, su hogar y huerta están en el mismo lugar, aunque también hay agricultores en la zona baja que tienen su hogar en el centro poblado. Los centros poblados tienen mayor acceso a los servicios básicos en los cuatro distritos estudiados, respecto a una vivienda ubicada en el campo.

Servicio agua potable: en los hogares de los productores de manzana, predomina el acceso al servicio en ambas zonas de la cuenca. El 97.5% de hogares de agricultores de la zona media, cuenta con servicio de agua potable y 83.3% en la zona baja.

Tabla 22. Servicio de agua potable

Servicio agua potable	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Sin acceso a agua potable	1	2.5%	10	16.7%	11	11.0%
Con acceso a agua potable	39	97.5%	50	83.3%	89	89.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Servicio de luz eléctrica: en ambas poblaciones estudiadas predominan los hogares con acceso al servicio de luz eléctrica; sin embargo, son los hogares de la zona media (distrito de Calango), los que presentan un porcentaje mayor de acceso al referido servicio con un 97.5%, frente al 90% de hogares en la zona baja (distritos de Mala, San Antonio y Santa Cruz de Flores). En los cuatro distritos estudiados los servicios son brindados por la empresa Luz del Sur.

Tabla 23. Servicio de luz eléctrica

Servicio de luz eléctrica	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Sin acceso a luz eléctrica	1	2.5%	6	10.0%	7	7.0%
Con acceso a luz eléctrica	39	97.5%	54	90.0%	93	93.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Servicio de desagüe: el acceso al servicio de desagüe es menor en referencia a los servicios de agua y luz eléctrica. Predomina el acceso al servicio de desagüe en ambos grupos de hogares, 80% en la zona media y 60% en la zona baja. En la zona baja, se evidencia que el 40% de los agricultores manifiestan la carencia de este servicio en sus hogares.

Tabla 24. Servicio de desagüe

Servicio de desagüe	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Sin acceso a desagüe	8	20.0%	24	40.0%	32	32.0%
Con acceso a desagüe	32	80.0%	36	60.0%	68	68.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Servicio de teléfono: el acceso a la comunicación telefónica es de importancia en las actividades familiares y laborales, se le consultó al agricultor si en su huerta hay acceso a la señal celular. En algunos distritos de la cuenca, la cobertura telefónica no llega o es de mala calidad; variando según el operador, la consulta no se ha realizado en función de las empresas, sino sobre el acceso al servicio celular telefónico en general.

La encuesta revela que hay un predominio del acceso al servicio de teléfono en las zonas de estudio. En la zona media, el 95% de los agricultores encuestados afirman que acceden al servicio telefónico con solo una empresa de telecomunicaciones (Movistar). A diferencia del 88.3% de la zona baja, que confirman acceder a la cobertura del servicio de telefonía con diferentes operadores.

Tabla 25. Servicio de teléfono

Servicio de teléfono	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Sin acceso a teléfono	2	5.0%	7	11.7%	9	9.0%
Con acceso a teléfono	38	95.0%	53	88.3%	91	91.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Servicio de transporte público: el estudio indagó el acceso al transporte público en la huerta. En las zonas estudiadas prevalece la opción acceso al transporte público, en un 100% para la zona media y un 81.7% para la baja. En la zona media, el área agrícola de la cuenca se hace más estrecho, paralelo a la carretera de acceso hacia la zona alta; mientras que, en la zona baja se forma una planicie amplia, con varios caminos rurales, además de las vías principales (antigua panamericana y vía a

Azpitia); el transporte público circula en las vías principales y el transporte privado y taxis lo hacen por las vías secundarias en la zona baja.

Tabla 26. Acceso transporte público

Acceso transporte público	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Sin acceso a transporte público	0	0.0%	11	18.3%	11	11.0%
Con acceso a transporte público	40	100.0%	49	81.7%	89	89.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

h) **Asignación del agua de riego en la huerta.** La cantidad de agua que recibe una huerta para la actividad agropecuaria es establecida por la junta de usuarios de riego del río Mala (JUMO), en función del área del predio y abonando una cuota económica anual para el mantenimiento del servicio. La dotación de agua se considera parte del capital natural en la actividad productiva y está sujeto a las variaciones climáticas de las precipitaciones en la zona alta de la cuenca.

Las poblaciones estudiadas de agricultores, prevalece la afirmación que la dotación de agua es suficiente para su cultivo principal y solo sufre de déficit en estiaje, es decir, cuando por falta de lluvias en la sierra, disminuye el caudal del río en la costa. Es en los meses de agosto a octubre cuando suele presentarse eventualmente esta situación, en la cual la JUMO reduce la distribución de agua en las huertas. En la cuenca, el empleo del agua del subsuelo (pozo) es limitado en la actividad agropecuaria. La zona baja de la cuenca, emplea el agua de pozo con otros fines, como el abastecimiento de agua para las viviendas de playa y en la actividad minera. Las huertas de manzana se riegan por gravedad, no se emplea sistemas de riego tecnificado.

Tabla 27. Asignación del agua de riego

Asignación del agua de riego	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Dotación deficitaria limita cultivos	3	7.5%	3	5.0%	6	6.0%
Dotación suficiente, solo deficitaria en estiaje	31	77.5%	33	55.0%	64	64.0%
Dotación suficiente	6	15.0%	24	40.0%	30	30.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

En la zona media, un 77.5% de los agricultores afirmó que la cantidad de agua es suficiente para su cultivo principal y es limitado en estiaje, mientras en la zona baja, lo hizo el 55% de los agricultores encuestados.

- i) **Cultivo más importante en la huerta.** El análisis del capital natural considera a las especies vegetales cultivadas en la huerta; en la encuesta dirigida a productores de manzana variedad Delicia, se distinguen diferentes niveles según la importancia de cultivo en la economía familiar. Sistemas agrícolas que consideran a la manzana como principal cultivo en la economía familiar; así como agricultores que, cultivando manzana Delicia, poseen otros cultivos más importantes para su economía familiar, son huertas que tienen manzana y algún cultivo anual (ciclo corto) u otro frutal.

En las zonas de estudio, destaca la alternativa del cultivo de manzana Delicia como el más importante para la economía familiar: el 87.5% en la zona media; mientras que, en la zona baja, es el 43.3%. En la zona media hay una tendencia hacia un monocultivo de manzana Delicia. En la zona

baja hay una mayor diversidad vegetal en el interior de las huertas. Otras frutas cultivadas en los cuatros distritos de estudio son: vid, pera, lúcuma y palto.

Tabla 28. Cultivo más importante

Cultivo más importante	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Manzana	35	87.5%	26	43.3%	61	61.0%
Anuales y manzana	2	5.0%	19	31.7%	21	21.0%
Otros frutales y manzana	3	7.5%	15	25.0%	18	18.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- j) **Capacidad de inversión en la huerta.** Los cambios tecnológicos o innovaciones implican una inversión económica, constituyen parte del capital financiero, si se considera la actividad agrícola como una empresa. Se averiguó sobre la capacidad económica del agricultor para asumir una hipotética inversión, un sistema de riego tecnificado para la próxima campaña agrícola, teniendo en cuenta que un cambio en el clima incrementará la evapotranspiración de la planta, requiriendo mayor volumen de agua en el cultivo, así como la amenaza de un menor caudal en la cuenca al reducirse los nevados de la zona alta. El riego tecnificado permitirá hacer más eficiente el uso del agua en el interior de la huerta. Explicado el contexto de cambio pronosticado para las futuras décadas.

Los agricultores encuestados respondieron con mayor frecuencia solo contar con el aval (título de sus tierras) para un préstamo de requerir realizar una inversión en la huerta, en la zona media el 60% y en la baja el 51.7%.

Tabla 29. Capacidad de inversión

Capacidad de inversión	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Tengo ahorros	6	15.0%	7	11.7%	13	13.0%
Tengo aval para préstamo	24	60.0%	31	51.7%	55	55.0%
No tengo efectivo, ni aval de préstamo	10	25.0%	22	36.7%	32	32.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- k) **Opinión del fenómeno El Niño de 1997-1998 en las huertas de manzana variedad Delicia.** Se realizaron tres preguntas de opinión para recoger la apreciación de los agricultores del efecto que tuvo el fenómeno El Niño de 1997-1998 en sus huertas. La primera pregunta de opinión se relaciona con los efectos que tuvo en la cosecha de manzana variedad Delicia. Según los datos de temperatura de las estaciones meteorológicas en la cuenca, se tuvo un incremento de la temperatura desde los meses de invierno de 1997 hacia el verano de 1998.

Tabla 30. Opinión fenómeno El Niño de 1997-1998 en el rendimiento de la manzana variedad Delicia

Efecto del Niño 1997-1998	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
No afectó nada.	1	2.5%	1	1.7%	2	2.0%
Menor rendimiento en esa campaña.	28	70.0%	40	66.7%	68	68.0%
Menor rendimiento en esa campaña y en la siguiente también	11	27.5%	19	31.7%	30	30.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Ambos grupos de agricultores consideran que el rendimiento de las manzanas disminuyó durante la campaña agrícola como consecuencia del fenómeno El Niño 1997-1998, así lo manifestó un 70% de agricultores en la zona media y un 66.7% de agricultores en la zona baja.

Al indagar sobre el efecto que el agricultor consideró más perjudicial durante el fenómeno El Niño de 1997-1998, los agricultores de la zona baja seleccionaron el menor rendimiento como principal problema, mientras que en la zona media establecieron el desborde del río como el problema más importante, el cual ocasionó inundaciones en algunas huertas, así como pérdidas de suelos ribereños.

Tabla 31. Opinión del principal efecto perjudicial del fenómeno El Niño de 1997-1998.

Efecto más perjudicial del fenómeno El Niño de 1997-1998.	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Desborde río	12	30.0%	7	11.7%	19	19.0%
Menor rendimiento	3	7.5%	24	40.0%	27	27.0%
Colmatación bocatomas y canales	5	12.5%	8	13.3%	13	13.0%
Más plagas	4	10.0%	8	13.3%	12	12.0%
Nuevas plagas	5	12.5%	2	3.3%	7	7.0%
Solo desarrollo foliar	0	0.0%	6	10.0%	6	6.0%
Caída de flores y frutos	11	27.5%	5	8.3%	16	16.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

Otras pregunta de opinión relacionada al tema, se vincula a la reacción que asumiría el agricultor, frente al anuncio de un hipotético evento climático El Niño de similar intensidad para el próximo año; en ambas zonas los agricultores opinaron que no saben qué hacer, pero que buscarían ayuda en la agencia agraria de Mala.

A los pocos agricultores que manifestaron saber qué hacer, se les pidió describir su propuesta, en la zona baja consideraron cambiar de cultivo y sembrar maíz asociado en los campos de manzana para venderlo como pasto para los caballos; mientras en la zona media propusieron cambiar el inicio del ciclo vegetativo del manzano para evitar que las altas temperaturas coincidan con el inicio de la campaña agrícola del manzano.

Tabla 32. Opinión del agricultor sobre su reacción al pronóstico de un futuro fenómeno El Niño

De presentarse un nuevo fenómeno El Niño, haría:	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Nada, rezaría.	2	5.0%	4	6.7%	6	6.0%
No sé, buscaría ayuda en Agencia Agraria de Mala.	29	72.5%	50	83.3%	79	79.0%
Yo sé perfectamente qué hacer	9	22.5%	6	10.0%	15	15.0%
Total	40	100.0%	60	100.0%	100	100.0%

Fuente. Elaboración propia (2019).

- l) **Opinión del clima actual.** Se hizo una pregunta de opinión en relación al clima, se indagó sobre el sentir del agricultor respecto a su percepción del clima en la última década (2007-2017). Todos los campesinos encuestados declararon sentir que el clima se modificó, la intensidad de ese cambio se percibe en forma diferente entre zonas.

Los agricultores de la zona media tienen opiniones igualmente divididas, el 50% considera el clima cambio de forma irregular (años normales y años anormales) mientras el otro 50% considera el clima se alteró en forma permanente y no es como era antes. La zona baja, con el 81.70% tiene la percepción que el clima es irregular y solo el 18.30% lo siente como un cambio de forma permanente.

A los agricultores encuestados que seleccionaron la alternativa el cambio en el clima es permanente la última década; se les pidió que describan. Los cambios en el clima local descritos como permanentes fueron: mayor radiación solar, ésta es descrita más intensa actualmente que una década atrás, incluso manifiestan un cambio en el horario de trabajo para evitar realizar el trabajo agrícola a mediodía; otros agricultores afirmaron tener la percepción de la variación del inicio de las temporadas de lluvia e incluso el inicio de la primavera (calor), preocupados que al modificarse (vienen retrasadas) altera el inicio de labores agrícolas (poda e injertos), sintiéndose inseguros de adelantar una labor agronómica por temor a que las plantas sufran si se retarda el calor o las lluvias.

Tabla 33. Opinión sobre alteración del clima local periodo 2007-2017

Clima	Zona media		Zona baja		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
No ha cambiado nada el clima	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Sí, el clima ha cambiado de forma irregular	20	50.00%	49	81.70%	69	69.00%
Si, el clima ha cambiado en forma permanente	20	50.00%	11	18.30%	31	31.00%
Total	40	100.00%	60	100.00%	100	100.00%

Fuente. Elaboración propia (2019).

4.2 Prueba de hipótesis

4.2.1 *Variable climática*

Caracterización del comportamiento térmico (C°) y la humedad relativa (%).

a) Prueba de hipótesis: temperatura media.

Ho: No existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas.

H1: Existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas.

b) Prueba de hipótesis: humedad relativa media.

Ho: No existe correlación entre las medias de la humedad relativa registrados durante el año en las estaciones Capilla 2 y Huarochirí.

H1: Existe correlación entre las medias de la humedad relativa registrados durante el año en las estaciones Capilla 2 y Huarochirí.

4.2.2 *Variable física*

Caracterización de los suelos en el área de estudio.

Ho. La calidad de suelos de las huertas de manzana en la zona media y la zona baja de la cuenca del río Mala son iguales.

H1: La calidad de suelos de las huertas de manzana en la zona media y la zona baja de la cuenca del río Mala son diferentes

4.2.3 *Variable social*

Identificar las principales características sociales de los agricultores.

Ho: Las características sociales de los productores de manzana en la zona media y la zona baja en la cuenca del río Mala son iguales.

H1: Las características sociales de los productores de manzana en la zona media y la zona baja en la cuenca del río Mala son diferentes.

4.3 Presentación de resultados

4.3.1 Variable climática

4.3.1.1 Comportamiento térmico en las estaciones meteorológicas de la cuenca. El registro diario de los elementos que conforman el tiempo y clima (temperatura, humedad relativa, precipitación, viento etc.), es de utilidad en la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos. Las correlaciones son una de las pruebas estadísticas empleadas con estos fines.

Cuando dos variables cuantitativas están correlacionadas, los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad; permite obtener los índices de asociación lineal en variables cuantitativas; asimismo, posibilita evaluar la existencia de relaciones lineales entre variables (Quezada, 2014).

Para cada estación se determinó su media de la data histórica, Santa Enriqueta (1991-2001), Capilla 2 (1992-2016), Minay (1992-1996) y Huarochirí (1981-2010), correspondiente a la temperatura media mensual; se ha comprobado el supuesto de normalidad en los datos (ver anexo 8).

Tabla 34. Temperatura (C°) media

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Santa Enriqueta	23.9	24.6	24.2	22.6	20.6	18.9	18.0	18.0	18.2	19.0	20.2	21.9
Capilla 2	24.2	25.2	25.4	24.0	21.2	18.9	18.1	18.0	18.9	20.0	21.0	22.6
Minay	21.3	20.0	20.0	19.1	17.2	15.1	14.4	14.4	15.0	15.6	16.1	17.0
Huarochirí	11.7	11.6	11.6	11.7	11.7	10.9	11.1	11.7	12.4	12.4	12.1	11.9

Fuente. SENAMHI (1981-2016) e Instituto Huayuná (1991-2001).

Se empleó el programa estadístico SPSS-20 para realizar la prueba estadística de correlación bivariada con un intervalo de confianza 95%; para evaluar el comportamiento térmico entre las estaciones meteorológicas de la cuenca en su comportamiento anual.

- **Prueba estadística de correlación: temperatura (C°) media.**

- Ho: No existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas.
H1: Existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones meteorológicas.
- El nivel de significancia del alfa es 5% = 0.05.
- El estadístico de prueba: Correlación de Pearson.

Matriz de correlaciones

Temperatura media		Santa Enriqueta	Capilla 2	Minay	Huarocharí
Santa Enriqueta	Correlación de Pearson	1	0.989**	0.968**	-0.052
	Sig. (bilateral)		0.000	0.000	0.873
Capilla 2	Correlación de Pearson	0.989**	1	0.956**	0.040
	Sig. (bilateral)	0.000		0.000	0.901
Minay	Correlación de Pearson	0.968**	0.956**	1	-0.040
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000		0.901
Huarocharí	Correlación de Pearson	-0.052	0.040	-0.040	1
	Sig. (bilateral)	0.873	0.901	0.901	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

- Valor de P-valor = 0.000
- Interpretación de P-valor según hipótesis planteada:

P-valor Santa Enriqueta-Capilla 2 = 0.000	<	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se rechaza Ho y se acepta H1. Existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Santa Enriqueta y Capilla 2.		

P-valor Santa Enriqueta-Minay = 0.000	<	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Santa Enriqueta y Minay.		

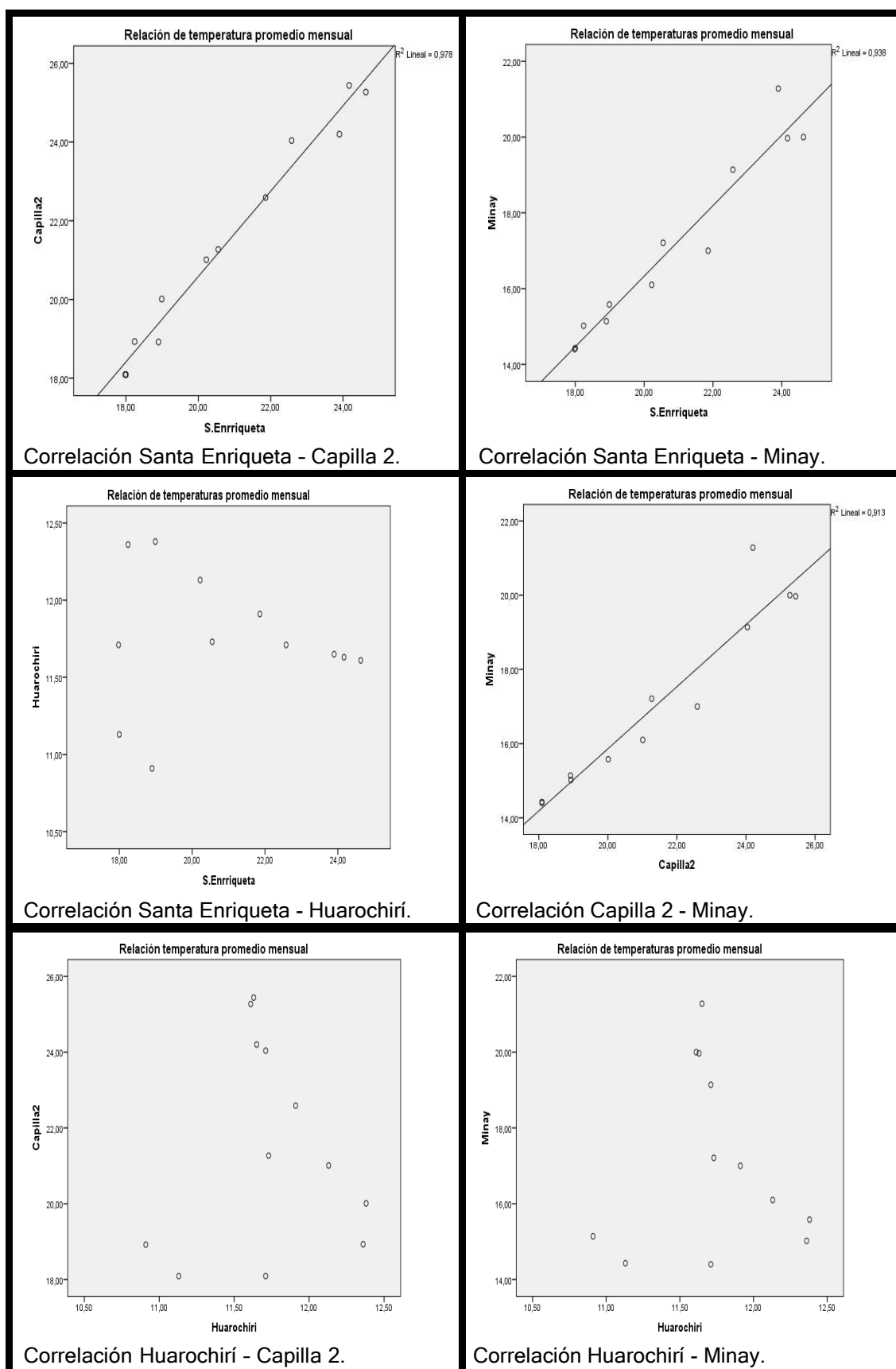
P-valor Capilla 2-Minay = 0.000	<	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Capilla 2 y Minay.		

P-valor Santa Enriqueta - Huarochirí = 0.873	>	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se acepta H_0 . No existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Santa Enriqueta y Huarochirí.		

P-valor Capilla 2 - Huarochirí= 0.901	>	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se acepta H_0 . No existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Capilla 2 y Huarochirí.		

P-valor Minay - Huarochirí= 0.901	>	$\alpha=0.05$
Por lo tanto, se acepta H_0 . No existe correlación entre las temperaturas medias de las estaciones Minay y Huarochirí.		

- vi. Resultado: La hipótesis de correlación se da para las temperaturas medias de las estaciones: Santa Enriqueta (Mala), Capilla 2 (Calango) y Minay (Calango). No existe correlación con la estación Huarochirí, que presenta un comportamiento térmico diferente a las antes mencionadas.
- vii. Interpretación del valor de correlación de Pearson, indica que existe una correlación positiva muy fuerte del comportamiento térmico (temperatura media) entre las tres estaciones meteorológicas durante el año:
 Santa Enriqueta - Capilla 2 ($0.989 > 0.950$)
 Santa Enriqueta - Minay ($0.968 > 0.950$)
 Capilla 2- Minay ($0.956 > 0.950$)



Fuente: Elaboración propia (2019).

Gráfico 10. Dispersión de datos entre estaciones, prueba de correlación.

4.3.1.2 Comportamiento térmico en presencia del fenómeno El Niño de 1997-1998. El fenómeno El Niño es un evento climático cíclico que afecta al Perú dramáticamente. Su impacto en la agricultura no está cuantificado ya que cada evento presenta un comportamiento diferente. Para el cultivo del manzano variedad Delicia, los agricultores encuestados manifestaron que el fenómeno El Niño de 1997-1998 los afectó en diferentes intensidades, tal como se detalla en las encuestas.

En las zonas productoras de manzana Delicia, solo las estaciones Santa Enriqueta y Capilla 2, disponen de data los años 1997-1998 para evaluar el comportamiento térmico bajo la influencia del fenómeno El Niño. Se determinó los principales estadísticos descriptivos para las estaciones Santa Enriqueta (anexo 9) y Capilla 2 (anexo 10), de las temperaturas medias, tanto de los datos históricos como de los años 1997-1998 influenciados por el fenómeno El Niño.

a) Estación Santa Enriqueta (Mala). El comportamiento térmico que presenta la media de la data histórica de la estación Santa Enriqueta, se comparó con la media de los años 1997-1998, influenciado por El Niño. El gráfico 11 muestra las curvas de las temperaturas mínimas y máximas.

Se empleó la prueba estadística de T de student para datos relacionados, para comparar la temperatura media mensual de la data histórica, contrastando la media de los años 1997-1998 bajo la influencia del Fenómeno El Niño. Previamente se ha comprobado que los datos son normales (ver anexo 11). El nivel de confianza es del 95% y se empleó el programa estadístico SPSS-20 para realizar las pruebas estadísticas mencionadas.

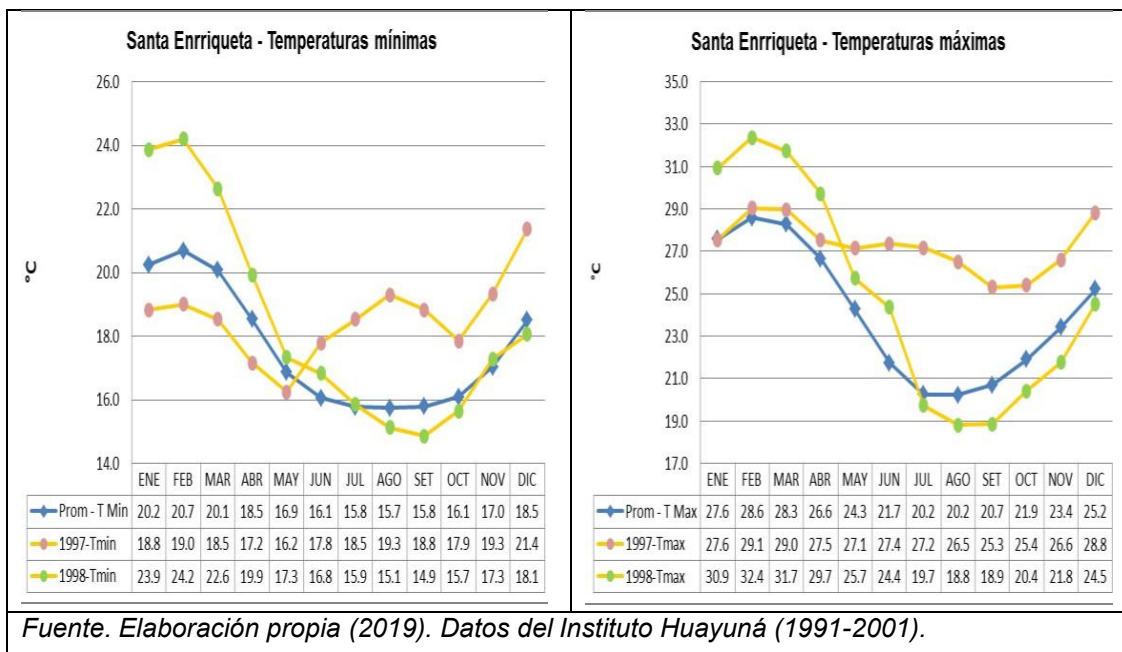


Gráfico 11. Santa Enriqueta, temperatura máxima y mínima

- **Santa Enriqueta: Prueba T de student para datos relacionados.**
 - i. **Ho:** No existe diferencia entre la temperatura media histórica y la temperatura de los años 1997-1998 en la estación Santa Enriqueta.
H1: Existe diferencia entre la temperatura media histórica y la temperatura de los años 1997-1998 en la estación Santa Enriqueta.
 - ii. El nivel de significancia del alfa es 5% = 0.05.
 - iii. El estadístico de prueba: Prueba T de student para datos relacionados.

Estadísticos de muestras relacionadas

Santa Enriqueta	Media	N	Desviación típica	Error típico de la media
\bar{x} 1997-1998 Niño	22.3058	12	2.37728	0.68626
\bar{x} Data histórica	20.8350	12	2.51440	0.72584

Correlaciones de muestras relacionadas

Santa Enriqueta	N	Correlación	Sig.
\bar{x} 1997-1998 Niño y \bar{x} Data histórica	12	0.975	0.000

Prueba de muestras relacionadas

Santa Enriqueta	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
\bar{x} "El Niño" 97-98 vs \bar{x} Data histórica	1.4708	0.56545	0.16323	1.1115	1.83010	9.011	11	0.000

iv. Valor de P-valor = 0.000

v. Interpretación de P-valor según hipótesis planteada:

P-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$
<p>Resultado: por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1.</p> <p>Existen diferencias significativas entre la media de las temperaturas de la data histórica y las temperatura durante El Niño 1997-1998, en la estación Santa Enriqueta.</p>		

b) Estación Capilla 2. El comportamiento de las temperaturas medias de la data histórica de la estación Capilla 2, es comparado con los datos de la media de los datos obtenidos en los años 1997 - 1998, bajo la influencia del fenómeno El Niño. Se realiza la prueba estadística T student para datos relacionados, con un intervalo de confianza del 95%, utilizando el programa estadístico SPSS-20. Previamente se comprobó el supuesto de normalidad (ver anexo 12).

El gráfico 12 presenta el comportamiento anual registrado en la estación Capilla 2, para las temperaturas mínimas y máximas, su data histórica y la presentada los años 1997 y 1998.

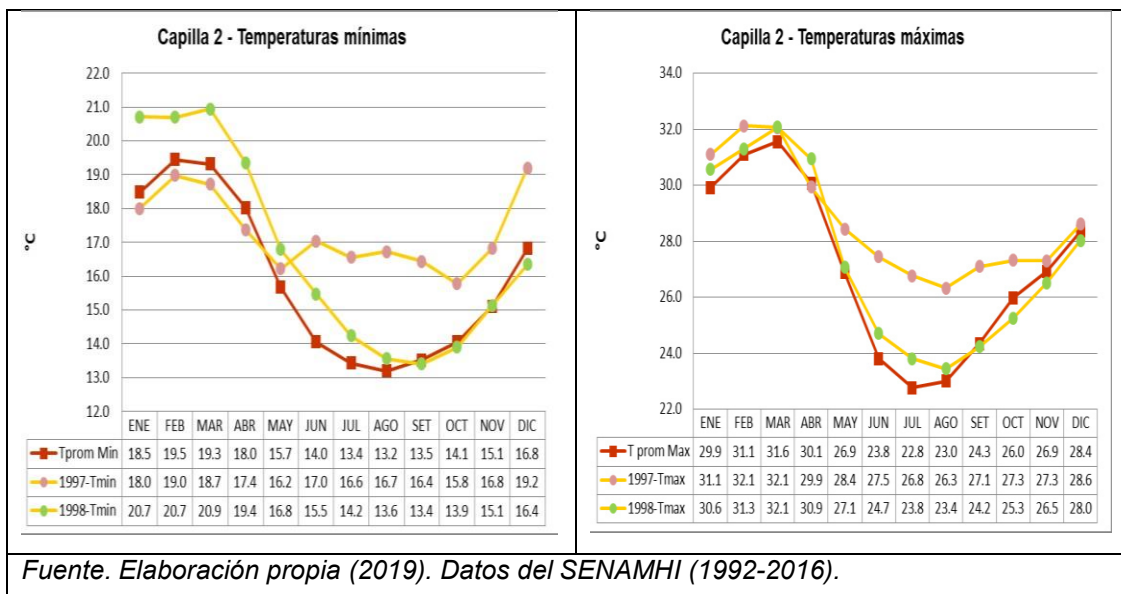


Gráfico 12. Capilla 2, temperatura máxima y mínima

- **Capilla 2: Prueba T de student para datos relacionados.**
 - i. **Ho:** No existe diferencia entre la temperatura media histórica y la temperatura de los años 1997-1998 en la estación Capilla 2.
H1: Existe diferencia entre la temperatura media histórica y la temperatura de los años 1997-1998 en la estación Capilla 2.
 - ii. El nivel de significancia del alfa es 5% = 0.05.
 - iii. El estadístico de prueba: Prueba T student para datos relacionados.

Estadísticos de muestras relacionadas

Capilla 2	Media	N	Desviación típico	Error típico de la media
\bar{x} 1997-1998 Niño	22.5142	12	2.24901	0.64923
\bar{x} Data histórica	21.4883	12	2.75838	0.79628

Correlaciones de muestras relacionadas

Capilla 2	N	Correlación	Sig.
\bar{x} 1997-1998 Niño y \bar{x} Data histórica	12	0.978	0.000

Prueba de muestras relacionadas

Capilla 2	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típico	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
\bar{x} “El Niño” 97-98 vs \bar{x} Data histórica	1.025	0.73095	0.2110	0.561	1.4902	4.862	11	0.001

iv. Valor de P-valor = 0.000

v. Interpretación de P-valor según hipótesis planteada:

P-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$
<p><i>Resultado:</i> por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1.</p> <p>Existe diferencias significativas entre la temperatura media histórica y la temperatura de los años 1997-1998 en la estación Capilla 2.</p>		

4.3.1.3 Comportamiento de la humedad relativa en las estaciones meteorológicas de la cuenca. Se ha mencionado que la humedad relativa influye en los procesos de transpiración en las plantas, cuando se tiene más del 70% de humedad relativa (es alta) la planta reduce su evapotranspiración. Se estudia el comportamiento de la humedad relativa, que presentan anualmente las estaciones meteorológicas de Capilla 2 y Huarochirí, ambas son las únicas en la cuenca que registran este parámetro mediante el uso del higrómetro.

Para cada estación se determinó la humedad relativa media de su data histórica, Capilla 2 (1992-2010) y Huarochirí (1981-2010). Se ha comprobado el supuesto de normalidad en los datos (ver anexo 13). Las estaciones Santa Enriqueta y Minay, solo registraron temperatura, no disponían del instrumento (higrómetro) para registrar el parámetro. La

tabla 35 presenta los datos expresado en el porcentaje (%) de humedad relativa.

Tabla 35. Humedad relativa (%) media

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Capilla 2	79.3	80.0	80.0	80.3	84.0	85.0	84.7	83.3	82.0	82.0	81.3	80.7
Huarocharí	84.3	85.3	86.3	82.3	79.3	75.7	75.3	75.3	77.0	77.0	78.0	81.3

Fuente. SENAMHI (1981-2016).

Se empleó el programa estadístico SPSS-20 para realizar la prueba estadística de correlación bivariada, con un intervalo de confianza del 95%; para evaluar el comportamiento anual de la humedad relativa entre las estaciones meteorológicas de Capilla 2 y Huarocharí. Cabe mencionar que la correlación entre dos variables no implica, por sí misma ninguna relación de causalidad.

- **Prueba estadística de correlación, humedad relativa (%).**
 - i. **Ho:** No existe correlación entre las medias de la humedad relativa registrados durante el año en las estaciones Capilla 2 y Huarocharí.
H1: Existe correlación entre las medias de la humedad relativa registrados durante el año en las estaciones Capilla 2 y Huarocharí.
 - ii. El nivel de significancia del alfa es 5% = 0.05.
 - iii. El estadístico de prueba: Correlación de Pearson.

Matriz de correlaciones

Humedad Relativa (%)		Capilla 2	Huarocharí
Capilla 2	Correlación de Pearson	1	-0.869**
	Sig. (bilateral)		0.000
Huarocharí	Correlación de Pearson	-0.869**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

- iv. Valor de P-valor = 0.000

v. Interpretación de P-valor según hipótesis planteada:

P-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$
<p><i>Resultado:</i> por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1. Existe correlación entre las medias de la humedad relativa registrados durante el año en las estaciones Capilla 2 y Huarochirí.</p>		

vi. La correlación de Pearson tiene un valor de -0.869; muestra una correlación *considerable* pero negativa. Las dos estaciones se correlacionan en sentido inverso, a valores altos de humedad relativa en la estación Capilla 2, le corresponden valores bajos de humedad relativa en la estación Huarochirí y viceversa. El gráfico 13 muestra la dispersión de los datos entre ambas estaciones.

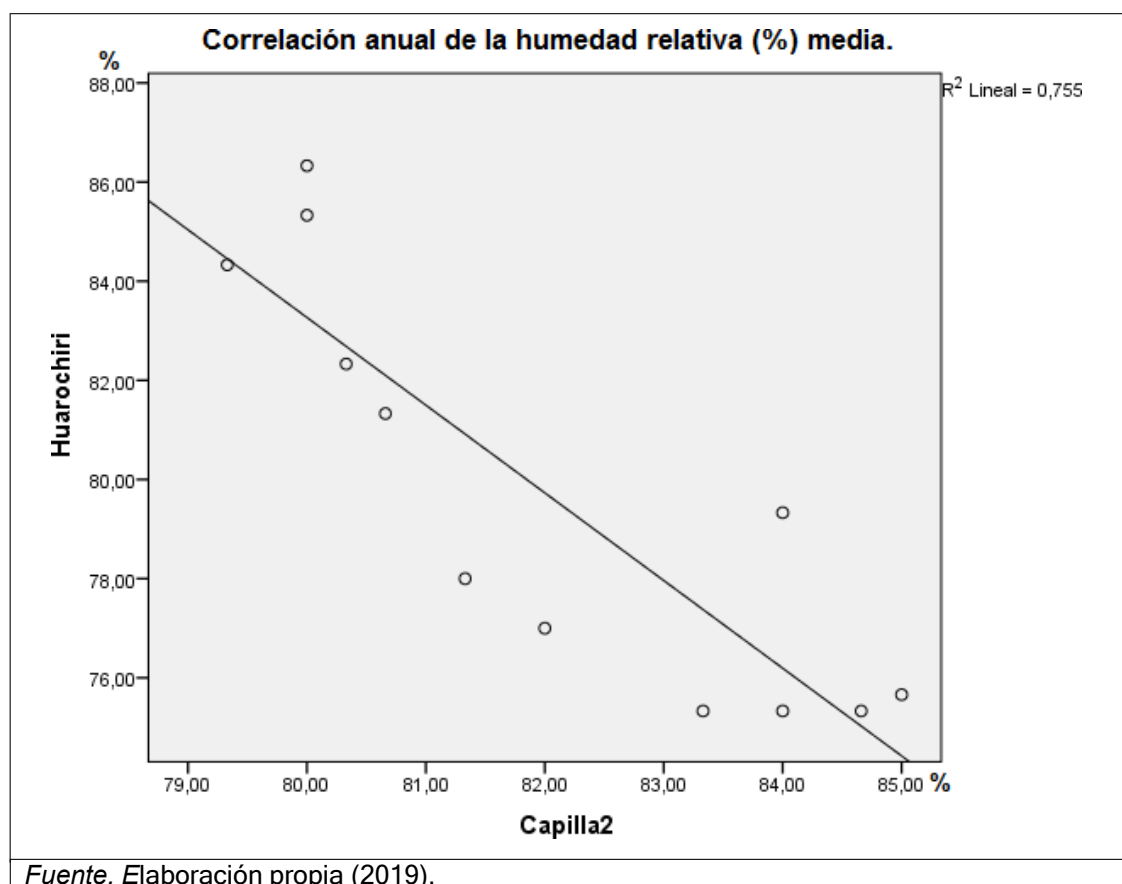


Gráfico 13. Dispersión de datos entre estaciones, humedad relativa (%) media, prueba de correlación

4.3.2 Variable física

En lo referente a las formas físicas que se encuentran en la cuenca de Mala; el río forma un valle angosto en la parte alta de la cuenca, para ampliarse a menores altitudes hasta su desembocadura en el mar. Allí se encuentra una costa emergente (regresión reciente), terrazas marinas, pequeñas colinas de origen ígneo y sedimentario, así como la planicie de origen aluvial donde se sitúan las ciudades de San Antonio y Mala, además de las extensiones más amplias de los campos de cultivo. Conforme se asciende en la cuenca, se localizan superficies colinosas con vertientes y pie de monte de origen aluvio-torrencial, en el distrito de Santa Cruz de Flores y en la ribera enfrente en los anexos poblados de Tutumo (Mala) y Millay (Calango). Continuando el ascenso en el distrito de Calango, el relieve muestra montañas de origen ígneo intrusivo, así como vertientes de origen aluvio-torrenciales; en pendientes pronunciadas, el manzano se cultiva en el sistema de terrazas andinas y/o curvas de nivel; para una mayor descripción se ha elaborado el mapa #3 de geomorfología.

En referencia a su geología, en la zona baja de la cuenca en los distritos de San Antonio y Mala, así como a lo largo de la ribera del río, se detecta una predominancia de roca Ígnea sub volcánica Andesita (serie subalcalina). Solo se hallan reducidos depósitos marinos próximos al mar y escasos depósitos eólicos. Conforme se asciende aun en los referidos distritos e incluso en Santa Cruz de Flores, se ubica la Familia. Chilca y la Súper Unidad Jecuan con diotorita y tonalita (rocas ígneas plutónicas, serie subalcalina), se destacan las quebradas de Tutumo (Mala) y Millay (Calango) conformadas por depósitos aluviales con cantos y gravas, en una matriz arenolimosa y adyacentes colinas y montañas que pertenecen a la Súper Unidad Patap, con granodiorita y diorita (ígneas plutónicas, serie subalcalina). En el área perteneciente a Calango pueblo, en su geología predominan las rocas ígneas. Se localiza la roca sub volcánica andesita y la gabrodiorita en la súper unidad Patap, ambas rocas de serie sub alcalina. Al subir en la cuenca, en la formación lítica denominada Capilla por los

pobladores, se halla la súper unidad Tiabaya, constituida por tonalita (serie sub-alcalina) y conforme se asciende en la cuenca el predominio es de la súper unidad Cochahuasi, constituido por tonalita-granodiorita, como también en menor proporción la súper unidad Cochahuasi, pero de monzodiorita y tonalita, todas rocas ígneas, de serie subalcalinas. La naturaleza de la roca madre que dará origen al suelo en la cuenca está marcada por una predominancia de rocas ígneas, plutónicas y sub volcánicas (hipoabisales) de serie subalcalina. Para una mejor descripción se ha elaborado el mapa #4 de geología.

Dadas las características geológicas, entre las que predominan las rocas ígneas de serie sub-alcalina, hay una concordancia en las características edáficas formadas en las zonas baja y media de la cuenca. La roca madre meteorizada ha evolucionado a la formación de suelos que presentan un pH ligeramente alcalino a moderadamente alcalino en los terrenos de cultivo muestreados. Los suelos agrícolas son no salinos o con escasa presencia de sales. Las textura de los suelos halladas son de moderadamente gruesa a media. El contenido en materia orgánica es bajo y presentan niveles de limitados a medianos en su capacidad de intercambio catiónico (CIC) de importancia en el desarrollo vegetal.

Los valores de potasio (ppm) sugieren que está disponible en condiciones medias y altas; solo en dos huertas se presenta en condiciones bajas; sin embargo, al analizar las relaciones catiónicas del calcio y potasio, se evidencia que, para una adecuada relación, se necesita incrementar potasio en 14 huertas. El mineral, aunque presente en el suelo, no estaría del todo disponible para la planta debido al pH moderadamente alcalino del suelo que neutraliza la correcta absorción del elemento potasio por la planta, así como por la presencia media de carbonato de calcio que retendría cationes en el suelo. Se revela, además, la necesidad de incrementar el elemento Calcio en la mitad de las huertas muestreadas. Ambos Potasio y Calcio, guardan estrecha relación en la formación y calidad de frutos en el manzano.

Empleando el sistema semáforo, herramienta de evaluación agroecológica propuesta por Henao y Altieri (Henao, Altieri, & Nicholls, 2017) para diversas investigaciones de la Red Iberoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES). Se adaptaron los valores a los parámetros de calidad del análisis de suelo, correspondiendo el color verde y el rango de 5-4 para condiciones óptimas, el color naranja y rango de 3-2 para condiciones regulares y el color rojo y rango de 1-0 para condiciones deficientes.

La tabla 36 presenta los suelos de las veinte huertas muestreadas para el presente estudio, cada huerta expone los 12 parámetros de suelo evaluados (pH, Conductividad eléctrica., CaCO_3 , Materia orgánica., P, K, Capacidad de Intercambio Catiónico, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K/Na y Acidez cambiante.) convertidos a la valoración semáforo, tanto en color como numéricamente.

El análisis del conjunto de los parámetros de calidad en suelo, brinda información del potencial del suelo para el crecimiento vegetal, en este caso para el desarrollo óptimo del cultivo de manzana variedad Delicia. El análisis de suelos evidencia también las falencias o limitaciones del suelo para el crecimiento vegetal con fines agrícolas. El suelo posee características únicas en los procesos que le dieron origen; existe cultivos idóneos según la calidad del suelo y otros cultivos que demandarán mayor inversión tecnológica para lograr una cosecha favorable.

En toda la cuenca del río Mala, se emplea el porta injerto de membrillo criollo en las parcelas de manzana Delicia, que otorga características de rusticidad, el membrillo se cultiva en el distrito de San Antonio mucho antes de la presencia de la variedad Delicia en el valle. Las huertas muestreadas poseen plantas en edad comercial, más de 7 años y menos de 25 años; solo dos huertas muestreadas poseen plantas (7 y 8 años) instaladas en terrenos cuyo cultivo anterior también fue manzana Delicia.

Tabla 36: Parámetros de calidad de suelos, convertidos a la valoración del sistema semáforo de las veinte muestras de suelo.

N°	pH	C.E.	CaCO ₃ %	M.O.%	P ppm	K ppm	CIC	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/Na	%A.C	\bar{x}
1	4	5	5	1	1	3	2	5	1	1	1	5	2.83
2	4	3	4	1	5	5	2	5	1	5	5	5	3.75
3	3	5	3	0	1	1	1	5	1	1	1	5	2.25
4	4	5	5	0	5	3	2	5	1	1	1	5	3.08
5	5	5	4	3	5	3	2	1	1	1	5	5	3.33
6	4	5	5	3	3	3	2	5	1	1	1	5	3.17
7	4	5	3	3	5	3	2	1	1	1	1	5	2.83
8	3	4	5	1	3	3	2	1	1	1	1	5	2.50
9	4	3	5	1	5	5	2	5	1	1	5	5	3.50
10	4	4	4	1	3	3	2	5	1	1	1	5	2.83
11	4	3	3	0	5	5	1	1	1	1	5	5	2.83
12	3	5	3	1	5	5	1	1	1	1	5	5	3.00
13	3	3	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5	2.50
14	4	5	2	1	1	3	1	1	1	1	1	5	2.17
15	4	5	2	1	5	3	2	1	1	1	5	5	2.92
16	4	5	3	1	3	3	1	5	1	1	1	5	2.75
17	4	5	5	1	3	3	1	5	1	1	5	5	3.25
18	3	5	3	1	1	1	1	5	1	1	1	5	2.33
19	4	5	3	1	5	3	2	5	1	1	1	5	3.00
20	4	4	2	1	3	5	2	1	5	1	1	5	2.83

Fuente. Elaboración propia (2019), basado en análisis de suelos y valoración semáforo.

Se desea conocer si la calidad del suelo en las zonas baja y media de la cuenca es similar y sus principales características, para ello se tomaron muestras compuestas de suelo a 12 huertas de manzana Delicia en la zona baja de la cuenca y 8 huertas de manzana en la zona media. Para comparar el resultado de ambas zonas, se desarrolló la prueba estadística de U de Mann-Whitney para muestras independientes, al promedio de calidad de suelo de cada huerta, con un nivel de significancia del 95%. En el anexo 14, se muestran los principales estadísticos descriptivos de los promedios de calidad de suelos de ambas zonas de estudio.

- **Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.**

- Ho: La calidad de suelos de las huertas de manzana en la zona media y la zona baja de la cuenca del río Mala son iguales.
H1 La calidad de suelos de las huertas de manzana en la zona media y la zona baja de la cuenca del río Mala son diferentes.
- El nivel de significancia del alfa es 5% = 0.05.
- El estadístico de prueba: U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Estadísticos de contraste

	Promedio
U de Mann-Whitney	38.500
W de Wilcoxon	116.500
Z	-0.739
Sig. asintót. (bilateral)	0.460
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.473 ^b

a. Variable de agrupación: Cuenca

b. No corregidos para los empates.

Rangos

Zona de la cuenca		N	Rango promedio	Suma de rangos
Valores promedio	Zona Media	8	11.69	93.50
	Zona Baja	12	9.71	116.50
	Total	20		

- Valor de P-valor = 0.473
- Interpretación de P-valor según hipótesis planteada:

P-valor = 0.473	>	$\alpha=0.05$
Resultado: por lo tanto, se acepta Ho y se rechaza H1. No existe diferencia significativa. La calidad de suelos de las huertas de manzana en la zona media y la zona baja de la cuenca del río Mala son iguales.		

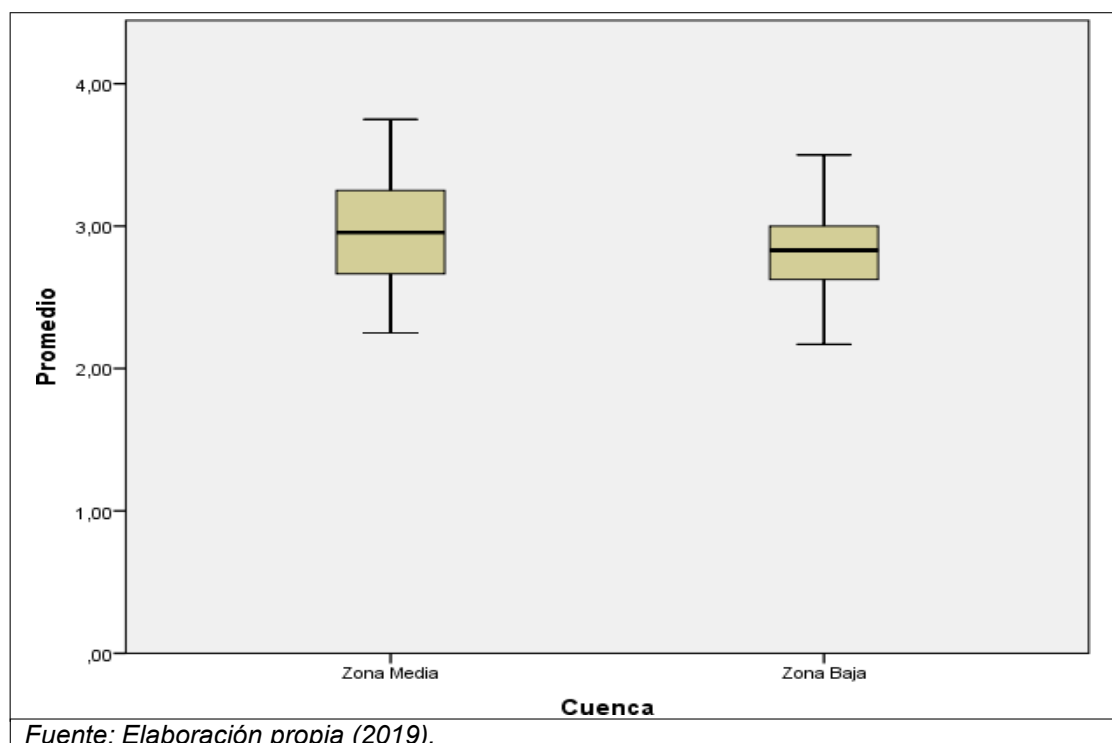


Gráfico 14. Diagrama de cajas, valoración de calidad de suelos

El diagrama de cajas muestra que, los valores obtenidos en la calidad de suelos de la zona media, son ligeramente mayores a los obtenidos en la zona baja. Sin embargo, al realizar la prueba estadística de U de Mann-Whitney se concluye que estas diferencias no son significativas entre ambas zonas y las características de calidad de suelo son similares.

Según la valoración semáforo, los promedios de calidad hallados para los suelos muestreados en las zonas baja y media de la cuenca, se encuentran en el rango de 2.17 a 3.75; ubicándose en el rango regular o medio para el crecimiento vegetal. En concordancia con el estudio de la ONERN realizado en 1976 cuyo diagnóstico reporta suelos clase-2 y clase-3 para el desarrollo agrícola en la cuenca del río Mala (ONERN, 1976). El presente estudio confirma que la calidad no se ha modificado, los huertos de manzana de la zona baja y media de la cuenca del río Mala disponen de suelos de clase media o regular; siendo limitado para cultivos exigentes, los que necesitarían una inversión en tecnología para su habilitación.

4.3.3 Variable social

Para describir las características sociales de los agricultores de manzana variedad Delicia en las zonas media y baja de la cuenca del río Mala, se realizó una encuesta (incluida en anexo 7) a 100 fruticultores de manzana Delicia de las zonas de estudio, el detalle de género y distribución por zona y distrito se presenta en el anexo 15. En la elaboración de las encuestas se consideraron los capitales: humanos, físicos y financieros descritos en el enfoque de Medios de Vida Sostenible (MVS), para caracterizar las condiciones de vida y trabajo de los agricultores.

Se compararon los resultados de obtenidos, se empleó la prueba estadística de U de Mann-Whitney para muestras independientes, con un intervalo de confianza del 95%, utilizando el programa estadístico SPSS-20. Se han ordenado las respuestas en función de las características similares y diferentes.

4.3.3.1 Características similares en la población de agricultores.

La prueba estadística U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica aplicada a dos grupos independientes; en este caso la aplicamos para comparar las características sociales de los agricultores de la zona media y baja de la cuenca. La prueba no paramétrica indica que las medianas de ambos grupos son similares; el porcentaje de error es del 5 %.

- **Capital humano.** Se refiere a las características personales y familiares de los agricultores, incluye el acceso a la educación, información, tecnologías y servicios básicos, las estudiadas se mencionan a continuación.

a) Edad.

Hipótesis planteada.

Ho: Las edades de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca son similares.

H1: Las edades de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca son diferentes.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.070

El P- valor es mayor al alfa. $0.070 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que las edades de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca son similares para ambos grupos.

Las característica en referencia a edad, muestran un predominio de agricultores y agricultoras de edad madura, el 75% de los agricultores tiene más de 50 años en las zonas de estudio.

b) Grado de educación de los agricultores.*Hipótesis planteada.*

Ho: Los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca tienen similar grado de instrucción.

H1: Los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca tienen diferente grado de instrucción.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.851

El P- valor es mayor al alfa. $0.851 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que la población de productores de manzana de las zonas media y baja en la cuenca tienen un grado de instrucción similar.

El grado de instrucción de los agricultores es en su mayoría instruido, con estudios secundarios o técnico/superior. En el diálogo con los agricultores de la zona baja, se halla una población de jubilados que han retornado a realizar la actividad agrícola.

c) Ciclo familiar.

Hipótesis planteada.

Ho: Los ciclos familiares de los hogares en los productores de manzana son iguales en las zonas media y en la zona baja de la cuenca.

H1: Los ciclos familiares de los hogares en los productores de manzana son diferentes en las zonas media y en la zona baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.363

El P- valor es mayor al alfa. $0.363 > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que los ciclos familiares de los hogares en los productores de manzana son iguales en las zonas media y en la zona baja de la cuenca.

En ambas zonas predominan familias senescentes, con hijos mayores de edad e independientes y agricultores solteros de edad avanzada (mayor a 65 años).

d) Acceso a servicio de telefonía móvil.*Hipótesis planteada.*

Ho: El acceso al servicio de cobertura telefónica es similar en los hogares de los agricultores en las zonas media y zona baja.

H1: El acceso al servicio de cobertura telefónica es diferente en los hogares de los agricultores en las zonas media y zona baja.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.256

El P- valor es mayor al alfa. $0.256 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que las condiciones del servicio de cobertura telefónica para los agricultores de las zonas media y la zona baja en la cuenca son similares. Se tiene acceso al servicio de telefonía celular en el área rural, de manera similar en la zona media (95%) y en la zona baja (88.3%).

e) Acceso a servicio de luz eléctrica.*Hipótesis planteada.*

Ho: El acceso al servicio de luz eléctrica es similar para los hogares de los agricultores en las zonas media y zona baja de la cuenca.

H1: El acceso al servicio de luz eléctrica es diferente para los hogares de los agricultores en las zonas media y zona baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.152

El P- valor es mayor al alfa. $0.152 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que el acceso al servicio de luz eléctrica es similar para los hogares de los agricultores en las zonas media y zona baja.

El servicio de luz eléctrica es similar en los hogares de los agricultores, el 97.5% de la zona media y el 90% de la zona baja cuentan con este servicio.

- **Capital físico:** se refiere a los recursos físicos (cantidad y calidad) con los que cuenta el agricultor para realizar su actividad productiva, para el estudio se evaluó los parámetros que a continuación se describen.

f) Dimensión de huerta.

Hipótesis planteada.

H₀: La dimensión de huertas de los agricultores productores de manzana es igual en las zonas media y baja de la cuenca.

H₁: La dimensión de huertas de los agricultores productores de manzana es diferente en las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa = 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.718

El P- valor es mayor al alfa. $0.718 > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que la dimensión de huertas de los agricultores productores de manzana es igual en las zonas media y baja de la cuenca.

Se ha situado la dimensión de huerta en rangos (expresados en hectáreas), predomina el rango pequeño en las huertas donde se cultiva la manzana variedad Delicia, huertas de 1 hectárea a menos; en ambas zonas de estudio el 55% de agricultores manifestaron esta condición. Luego del proceso de reforma agraria en el valle de Mala, donde se adjudicó la propiedad a los peones agrarios, se fraccionó el área agrícola; a esto se le debe añadir los procesos de herencia posterior, que ha fraccionado aún más el área, atomizando el terreno agrícola en la cuenca.

- **Capital financiero:** se refiere al acceso a los recursos financieros en forma segura, cómo atiende o administra los recursos con los cuales cuenta el agricultor para realizar su actividad productiva, se ha indagado y ello se detalla a continuación.

g) Tenencia de tierra.

Hipótesis planteada.

Ho: La relación de tenencia de tierra es igual para los agricultores de las zonas media y zona baja en la cuenca.

H1: La relación de tenencia de tierra es diferente para los agricultores de las zonas media y zona baja en la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.957

El P- valor es mayor al alfa. $0.957 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que la relación de tenencia de tierra es igual para los agricultores de las zonas media y zona baja en la cuenca.

La relación de tenencia de la tierra predominante en ambas zonas es el terreno propio para realizar la actividad agrícola, con el 72.5% en la zona media y 73.3% en la zona baja.

h) Prioridad en el trabajo.

Hipótesis planteada.

Ho: La prioridad del trabajo agrícola para la economía familiar es igual en los hogares de los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

H1: La prioridad del trabajo agrícola para la economía familiar es diferente en los hogares de los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.112

El P- valor es mayor al alfa. $0.112 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias estadísticas significativas, se puede afirmar que la prioridad del trabajo agrícola para la economía familiar es similar en los hogares de los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

El principal sustento económico de las familias de los agricultores que cultivan manzana Delicia es la actividad agrícola; su dedicación de trabajo es exclusivamente agrícola como principal fuente de ingreso familiar; así lo afirmo el 75% en la zona media y el 60% en la zona baja.

i) Capacidad de inversión.

Hipótesis planteada.

Ho: La capacidad de inversión en la huerta es similar para los agricultores en la zona media y la zona baja.

H1: La capacidad de inversión en la huerta es diferente para los agricultores en la zona media y la zona baja.

El nivel de significancia del $\alpha = 5\% = 0.05$

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.241

El P- valor es menor al α . $0.241 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que la capacidad de inversión en la huerta es similar para los agricultores en la zona media y la zona baja de la cuenca.

La capacidad de inversión estaría supeditada, de surgir la necesidad de invertir en la huerta, los agricultores optarían por un préstamo bancario, teniendo como aval su propiedad, así lo afirmó el 60% de agricultores de la zona media y el 51.7% de la zona baja.

j) Pregunta de opinión.

Se consultó a los agricultores su opinión, respecto a los efectos que considera tuvo el fenómeno El Niño de 1997 -1998 en el rendimiento de su parcela de manzano variedad Delicia.

Hipótesis planteada.

Ho: La opinión sobre efecto del fenómeno El Niño de 1997-1998 en el rendimiento del manzano variedad Delicia, es similar para los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

H1: La opinión sobre efecto del fenómeno El Niño de 1997-1998 en el rendimiento del manzano variedad Delicia, es diferente para los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.627

El P- valor es menor al alfa. $0.627 > 0.050$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna del investigador.

Resultado: no existen diferencias significativas, se puede afirmar que la opinión sobre efecto del fenómeno El Niño de 1997-1998 en el rendimiento del manzano variedad Delicia, es similar para los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca del río Mala.

El 70% de agricultores de la zona media y el 66.7% de la zona baja, afirmaron que tuvieron un menor rendimiento en el cultivo del manzano la campaña agrícola en el periodo 1997-1998, por efecto del clima producto del fenómeno El Niño.

4.3.3.2 Características diferentes en la población de agricultores.

Las características sociales de los agricultores en las cuales la prueba estadística U de Mann-Whitney es estadísticamente diferente, con un error menor al 5% son las siguientes.

- ***Capital natural:***

- k) **Cultivo más importante.**

Hipótesis planteada.

Ho: El cultivo más importante en las huertas de los agricultores es igual en la zona media y la zona baja de la cuenca.

H1: El cultivo más importante en las huertas de los agricultores es diferente en la zona media y la zona baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.000

El P- valor es menor al alfa. $0.000 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: se puede afirmar que existen diferencias significativas, para afirmar que el cultivo más importante en las huertas de los agricultores es diferente en la zona media y la zona baja de la cuenca.

Las encuestas fueron dirigidas a agricultores de manzana variedad Delicia, sin embargo, se indagó el grado de importancia de la manzana respecto a otros cultivos que también son producidos en la huerta. Existen diferencias, en la zona media de la cuenca, se cultiva manzana como el cultivo más importante y monocultivo para el 87.5% de las huertas. Mientras que, en la zona baja, se encuentran huertas más biodiversas; solo el 43.3% de los agricultores consideran al cultivo del manzano como el principal, el 31.7% siembra manzana, pero su cultivo más importante es de ciclo corto anual y el 25% siembra manzana, pero otro frutal es el cultivo más importante en su economía.

I) Asignación del agua de riego.

Hipótesis planteada.

Ho: Los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca perciben de forma igual su asignación de agua de riego en sus predios.

H1: Los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca perciben de forma diferente su asignación de agua de riego en sus predios.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.011

El P- valor es menor al alfa. $0.011 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: se puede afirmar que existen diferencias significativas, para manifestar que los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca perciben de forma diferente su asignación de agua de riego en sus predios.

El agua de riego se relaciona con el cultivo, las necesidades hídricas varían entre las diferentes plantas, así como según sus etapas fisiológicas y la evapotranspiración de la planta. Al respecto la prueba estadística indica que las percepciones de los agricultores de la zona media y baja son diferentes. Si bien la alternativa que predomina en ambos grupos es “la dotación es suficiente, solo deficitaria en estiaje” el porcentaje es diferente. En la zona baja, los agricultores tienen la percepción en mayor proporción que la asignación es suficiente, con respecto a los agricultores de la zona media. Esta apreciación tiene su asidero en las temperaturas más elevadas de la zona media, que influye en una mayor evapotranspiración de las plantas de manzana; además, en la zona baja, las huertas que cultivan manzana tienen mayor diversidad vegetal, con especies de requerimientos hídricos diferentes al manzano.

- ***Capital humano:***

- m) **Servicio de agua potable.**

Hipótesis planteada.

Ho: El acceso al servicio de agua potable es igual en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

H1: El acceso al servicio de agua potable es diferente en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.027

El P- valor es menor al alfa. $0.027 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: existen diferencias significativas, se puede afirmar que el acceso al servicio de agua potable es diferente entre los hogares de los agricultores de la zona media y la zona baja de la cuenca.

n) Servicio de desagüe.

Hipótesis planteada.

Ho: El acceso al servicio de desagüe es igual en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

H1: El acceso al servicio de desagüe es diferente en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del alfa= 5% = 0.05

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.037

El P- valor es menor al alfa. $0.037 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: existen diferencias significativas, se puede afirmar que las condiciones de acceso al servicio de desagüe es diferente en los hogares de los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

o) Acceso al transporte público.

Hipótesis planteada.

Ho: El acceso al servicio de transporte público es igual en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

H1: El acceso al servicio de transporte público es diferente en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del $\alpha = 5\% = 0.05$

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.004

El P- valor es menor al α . $0.004 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: se puede afirmar que existen diferencias significativas, el acceso al servicio de transporte público es diferente en los hogares de los agricultores en las zonas media y baja de la cuenca.

En referencia al servicio de transporte público, predomina la afirmación que tienen acceso al servicio; sin embargo, en la zona baja más del 17% afirma que carece del mismo; probablemente la forma de la cuenca angosta en la zona media y amplia en la zona baja (planicie), influye también en el acceso a determinados servicios, los cuales se concentran en los centros poblados, pero no están disponibles en las casas de campo. Otra razón se relaciona con la costumbre en la zona media, de trabajar en la huerta e ir a pernoctar en una casa en el centro poblado, mientras que en la zona baja no siempre es así, en mayor proporción los agricultores han construido sus casas en la huerta, que tienen caminos rurales no asfaltados como vías de acceso a los predios.

p) Opinión del clima en la última década (2007-2017).

Se consultó sobre su percepción del clima local en la última década (2007 a 2017).

Hipótesis planteada.

Ho: La opinión sobre el clima en la última década es igual en los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

H1: La opinión sobre el clima en la última década es diferente en los agricultores de las zonas media y baja de la cuenca.

El nivel de significancia del $\alpha = 5\% = 0.05$

Estadístico de prueba: U de Mann - Whitney

Valor de P = 0.001

El P- valor es menor al α . $0.001 < 0.050$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna del investigador.

Resultado: se puede afirmar que existen diferencias significativas, para asegurar que las opiniones de los agricultores de la zona media y baja sobre el clima en la última década (2007-2017) son diferentes.

Existe un mayor número de los agricultores en la zona media que percibe que la última década el clima ha cambiado en forma permanente. Los agricultores se percatan que el clima cambió y que ahora se tiene mayor intensidad de la radiación solar respecto a décadas anteriores, manifiestan que actualmente ha variado el inicio de las estaciones y las lluvias en la cuenca, haciendo menos predecible las fechas idóneas de inicio para las labores agronómicas de poda y siembra de sus cultivos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Los factores climáticos, físicos y sociales son favorables para la producción del cultivo manzana variedad Delicia en las zonas media y baja de la cuenca del río Mala.

La manzana variedad Delicia se desarrolla en la cuenca con una temperatura media anual de 17.1 a 21.5 °C. En referencia a la amplitud térmica, la zona baja de la cuenca presenta el menor valor con una media anual de 6.4°C, siendo la zona más vulnerable en productividad frente a un escenario de cambio climático. La presencia de nubes bajas tendría un efecto albedo, disminuyendo la temperatura máxima en la zona baja de la cuenca. El comportamiento térmico anual entre la zona baja y media de cuenca se encuentran correlacionados. La humedad relativa tiene una media anual de 82.05% en la zona media (estación Capilla 2).

Las características físicas de la calidad del suelo son estadísticamente similares en los huertos de las zonas media y baja de la cuenca. La manzana variedad Delicia se cultiva en suelos con una fertilidad media, siendo limitada por sus valores bajos en referencia a su capacidad de intercambio catiónico y su porcentaje de materia orgánica. Estas características son apropiadas para el desarrollo del frutal empleando el porta injerto membrillo criollo.

Las características sociales de los productores de manzana variedad Delicia, son similares para las zonas baja y media de la cuenca en: predominan adultos mayores dedicados a la actividad agrícola, familias senescente conformadas por hijos mayores de edad e independientes, el grado de instrucción es secundaria completa o técnico superior, la principal fuente de ingreso familiar es el trabajo agrícola, los agricultores son propietarios de su terreno, prevalecen las huertas pequeñas de una hectárea a menos, la capacidad de inversión es limitada a un préstamo bancario, las familias tienen acceso al servicio eléctrico y telefonía móvil.

Los agricultores de la zona baja tienen mayores limitaciones para el acceso a los servicios de agua potable, desagüe y transporte público en sus hogares; los huertos de la zona baja poseen manzana con otras especies vegetales a diferencia de la tendencia del monocultivo de manzano en la zona media; existe una mayor proporción de agricultores de la zona media que consideran insuficiente su dotación de agua de riego.

Los agricultores que participaron en la investigación, consideran que el Fenómeno El Niño de 1997-1998 redujo su producción de manzana variedad Delicia. Piensan el clima ha cambiado en la última década, siendo este menos predecible.

En un escenario de cambio climático, un incremento de 2°C en la temperatura modificaría las actuales áreas dedicadas a la producción de manzana variedad Delicia en la cuenca del río Mala. La zona baja, es la más vulnerable por presentar la menor amplitud térmica, el incremento produciría un pobre descanso de yemas, asociado con una deficiente floración y menor rendimiento, limitando su producción comercial. Mientras se abre la posibilidad en la zona alta, donde un incremento de las temperaturas favorecerá la siembra del cultivo a mayores altitudes a las actualmente establecidas.

RECOMENDACIONES

Considerando la presente investigación y en función a los resultados obtenidos, se formulan las siguientes recomendaciones.

- Continuar el monitoreo de temperatura y humedad relativa; e incorporar estaciones meteorológicas en los límites de las actuales zonas productoras de manzana Delicia, en la zona baja 15msnm (Santa Enriqueta) y más elevada 1700 msnm (Viscas), para relacionar los procesos fisiológicos del frutal en la cuenca.
- El suelo posee una calidad media en su capacidad de uso agrícola, si se desea introducir nuevos cultivos, se debe considerar cultivos poco exigentes nutricionalmente, de lo contrario requerirán mayor inversión para su adaptación. En la zona baja se debe considerar sembrar cultivos de porte elevado, la calidad del agua no permite sembrar hortalizas de hoja o frutos al ras del suelo, el agua de riego en esta zona de la cuenca sobrepasa los valores permitidos en ECA3 para Coliformes totales y termo-tolerantes, limitando su consumo por razones sanitarias.
- Incentivar políticas para el reemplazo generacional en la producción de manzana variedad Delicia, las familias jóvenes pueden hallar en la actividad una alternativa económica, siempre que la actividad les permita condiciones de vida dignas para sus familias. Medidas para no degradar los sistemas agrícolas, obtener buenos rendimientos, minimizar las mermas y

construir canales de comercialización justos, contribuirán a ese fin; de lo contrario continuarán las migraciones que dejan abandonados los campos.

- En un escenario de cambio climático, se abre la posibilidad en la cuenca de sembrar manzana variedad Delicia en zonas más altas a las actuales (más de 2000 msnm), dado que un incremento en la temperatura máxima favorecerá la floración que ahora es limitada por el clima gélido; para tal fin, se requerirá de un estudio de suelo. En la zona baja no se debería iniciar nuevas plantaciones de manzano, la vida útil del frutal llega hasta 30 años y los pronósticos son riesgosos para esta inversión, los nuevos cultivos en la zona baja deberán considerar el escenario de clima cambiante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Alba, J. (2004). Diálogo de experiencias. Lima, Perú. Lima: Instituto Huayuná.
- 2) Altieri, M., & Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *Leisa revista de Agroecología* 24 (4), 5-6.
- 3) Altieri, M., & Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático principios y consideraciones metodológicas. En C. Nicholls, & M. Altieri, *Agroecología y Cambio Climático, metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales* (págs. 1-91). Lima: REDAGRES.
- 4) Altieri, M., & Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 64, 17-24.
- 5) ANA. (2010). Recursos hídricos del Perú en cifras. Lima: MINAGRI.
- 6) Ancajima, L., & Bazo, J. (2011). Recursos Hídricos en la cuenca del río Mala-Cañete. Lima: I. Huayuná.
- 7) Beingolea, G., & Oscar, D. (1987). El fenómeno "El Niño" 1982-83 y algunos insectos plaga en la costa peruana. *Revista peruana de Entomología*. Vol 28, 55-57.
- 8) Betrán, J., & Pardo, A. (2015). Ejercicios prácticos de Edafología. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

- 9) Bourgeois, Q., Ekman, A., Igel, M., & Krejci, R. (2016). Ubiquity and impact of thin mid-level clouds in the tropics. *Revista: Nature communications*, 1-6.
- 10) Brack, A. (2004). *Ecología en Enciclopedia temática del Perú*. 1ª Ed, Vol. 4. Lima: El Comercio.
- 11) Cai, J., Zhang, Y., Li, Y., & Liang, X. (2017). Analyzing the Characteristics of Soil Moisture Using GLDAS Data: A Case Study in Eastern China. *Applied Sciences*, 566.
- 12) Cammaert, C., Palacios, M. T., Arango, H., & Calle, Z. (2007). *Mi finca biodiversa. Herramienta didáctica para la planificación de la biodiversidad en finca*. Bogotá: CIPAV.
- 13) Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- 14) Caycho, M. (1 de 12 de 2011). Entrevista personal a Jefa de Unidad de Salud Ambiental, Red de Salud Chilca-Mala. (C. d. Figueroa, Entrevistadora)
- 15) Chambers, R., & Conway, G. (1992). *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. Brighton: Institute of Development Studies.
- 16) Córdova, C., & León, T. (2013). Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima, Cundinamarca - Colombia. En C. Nicholls, & M. Altieri, *Agroecología y Cambio Climático, metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales* (págs. 21-32). Lima: REDAGRES.
- 17) Dapena, E., & Fernandez, A. (2006). Consecuencias de la evolución climática en la producción de manzana en Asturias. VII Congreso Sociedad Española Agricultura Ecológica (pág. 197). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

- 18) Dascal, G. (2013). Análisis de la metodología aplicada para medir vulnerabilidad de tierras desertificadas frente al cambio climático. *Revista Zonas áridas UNALM*. Vol. 15, núm. 2, 361-373.
- 19) De Tomas, L., & Peralta, K. (1994). *Heliothis virescens* como plaga del manzano en el valle de Mala. *Revista Peruana de Entomología*. Vol 36:, 89-90.
- 20) Departamento académico de suelos UNALM. (2011). *Manual de prácticas de Edafología*. Lima: UNALM.
- 21) Easterling, W., & Aggarwal, P. (2007). Chapter 5: Food, Fibre, and Forest Products in Climate Change 2007. En I. P. Change., *Climate change 2007, Impacts Adaptation and Vulnerability*. (págs. 275-303). Cambridge: Cambridge University Press.
- 22) Eguren, F. (2003). La agricultura de la costa peruana. *Revista Debate agrario: Análisis y alternativas* N° 35, 1-37.
- 23) Fálder, A. (2003). Frutas “Distribución y consumo”. 69. En *Enciclopedia de los Alimentos*. (págs. 75-111). Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- 24) Fernández, M. (2010). *Variedades de manzana recomendadas para la serranía de Hidalgo y Querétaro*. México: Centro de investigación regional centro. INIFAP.
- 25) Figueroa, C. (2001). *Manejo integrado de plagas en el cultivo del manzano, valle de Mala*. Lima: Tesis para obtener el grado de Ing. Agrónomo UNALM.
- 26) Franco, E. (2002). “El Niño” en el Perú: Nuevos y viejos tiempos. *Revista Zonas áridas UNALM*, Vol. 7, núm. 1, 104-117.
- 27) Gil, G. (2000). *El Potencial Productivo, crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- 28) Gorriti, J. (2003). ¿Rentabilidad o supervivencia?: La agricultura de la costa peruana. *Revista Debate agrario: Análisis y alternativas* N° 35, 39-64.

- 29) Gottret, M. (2011). El enfoque de Medios de Vida Sostenibles. Turrialba: CATIE.
- 30) Henao, A., Altieri, M., & Nicholls, C. (2017). Herramienta didáctica para la planificación de fincas resilientes. Medellín: SOCLA.
- 31) Hernao, A. (2013). Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los andes colombianos. En C. Nicholls, & M. Altieri, Agroecología y Cambio Climático, metodologías para evaluar resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales (págs. 1-91). Lima: REDAGRES.
- 32) Hurtado-Dianderas, E., & Rivera, F. (2006). El requerimiento del marco epistemológico en las tesis de post grado. Revista de investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas, UNMSM Vol. 9, 17.
- 33) IGP. (2005). Diagnóstico de la cuenca del Mantaro bajo la visión de cambio climático - Vol. 2. Lima: MINAM.
- 34) INEI. (2007). Sistema de Consulta de Cuadros Estadísticos – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Recuperado el 20 de Junio de 2017, de Sistema de Consulta de Cuadros Estadísticos – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>.
- 35) INEI. (2009). Perú: Estimaciones y proyecciones de población por sexo según departamento, provincia y distrito. Boletín especial N°18. Lima: INEI.
- 36) Isch, E. (2011). En torno al cambio climático y sus impactos en la región andina. Taller internacional clima andino: Cambio climático conocimientos ancestrales y contemporáneos en la región andina. (págs. 8-17). La Paz: Soluciones Prácticas ITDG.
- 37) Jiang, L.-x., Li, S., Ji, Y.-h., Zhu, H.-x., & Yan, P. (2009). Responses of soil humidity on Songnen Plain to climate change in 1980-2005. Ying yong sheng tai xue bao = The journal of applied ecology, 91-98.

- 38) Labuschagné, E. (2002). Genetic variation in chilling requirement in apple progeny. *Journal American Soc. Hort. S Cl.* 127(4), 663-672.
- 39) Lesur, S. (2014). *Manual de fertilidad del suelo agrícola*. México: Trillas.
- 40) Liu, X., Yi, H., & Li, S. (2004). Soil moisture characteristics of apple-planting subarea in Weibei dry highland, Shaanxi Province. *Ying yong sheng tai xue bao = The journal of applied ecology*, 2055.
- 41) Lizarzaburu, J. (2018). *Canales Surco y Huatica 2000 años regando vida*. Lima: Limaq Publishing.
- 42) Machín, N., & Pardo, E. (2013). El envejecimiento rural como factor negativo en la productividad agrícola en el Magreb. *UNISCI Discusión papers N°31- Enero ISSN 1696-2206*, 27-40.
- 43) Martin, H. (1997). Efecto del Fenómeno el Niño sobre la ecología y la sanidad vegetal de los cultivos de la costa peruana. *Revista Peruana de Entomología*, Vol 40, 1-8.
- 44) Masera, O., & López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos, cinco experiencias de evaluación en el México rural*. México: Mundi Prensa.
- 45) Mc Kay, B. (2009). Utilizando la radio para compartir las estrategias de adaptación. *Leisa revista de Agroecología* 24(4), 32.
- 46) MINAGRI & INRENA. (2007). *Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del Río Mala*. Lima, Perú. Lima: MINAGRI.
- 47) Monterroso, A. (2007). Vulnerabilidad y Riesgo en Agricultura por cambio climático en la Región Centro del Estado de Veracruz, México. *Revista Zonas áridas UNALM*. Vol. 11, núm.1, 47-60.
- 48) Murphy, G. (2013). Objetivos y alcances de la agrometereología. En G. Murphy, & R. Hurtado, *Agrometereología* (págs. 1-4). Buenos Aires: Facultad de Agronomía de Universidad de Buenos Aires.

- 49) Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, Volume:234, 409-430.
- 50) Neely, C., Sutherland, K., & Johnson, J. (2004). ¿Los enfoques basados en los modos de vida sostenibles tienen una repercusión positiva en la población rural pobre? Análisis de doce estudios de casos. Roma: FAO.
- 51) Nicholls, C. (2013). Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. En C. Nicholls, L. Ríos, & M. Altieri, *Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático* (págs. 1-207). Medellín: CYTED.
- 52) ONERN. (1976). Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. Cuencas de los ríos Chilca, Mala y Asia, volumen I. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- 53) Peralta, K. (9 de 12 de 2017). Investigador del Instituto Huayuná. (C. d. Figueroa, Entrevistador)
- 54) PNUD. (2013). Capítulo V: La alimentación frente al cambio climático. En PNUD, *Informe sobre desarrollo humano Perú 2013* (págs. 148-168). Lima: PNUD.
- 55) Qu, Z., & Zhou, G. (2016). Possible Impact of Climate Change on the Quality of Apples from the Major Producing Areas of China. *Atmosphere*, 113.
- 56) Quezada, N. (2014). *Estadística con SPSS22*. Lima: Macro.
- 57) Ramos, S., Bautista, R., & Valdez, A. (2010). Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapas, México. *Uciencia* 26(1), 65-80.
- 58) Redacción L.R. (1 de Abril de 2017). El científico y El Niño. *La Republica (Domingo)*, págs. 1-2.
- 59) Rivadeneyra, D. (16 de 03 de 2017). El cambio climático y su relación con El Niño Costero que está afectando al Perú. *La Mula*, pág. 1.

- 60) Rosenzweig, C. (2001). Climate change and extreme weather events, implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change & Human Health* 2(2), 90-91.
- 61) Sabogal, A. (2002). Cultivo ecológico de los frutales caducifolios en zonas áridas del Perú. *Revista Zonas áridas UNALM*, Vol. 7, núm.1, 278-284.
- 62) Sagong, D., Kweon, H., Song, Y., Park, M., Kang, S., & Yoon, T. (2013). Fruit Quality and Storability by Harvest Time at 'Fuji'/M.9 Apple Orchard Located in the Area with a High Air Temperature during the Fall Season. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 31-35.
- 63) Salas, N., & Olivas, G. (2011). El aroma de la manzana. *Interciencia*, vol. 36, núm. 4 (abril), 265-271.
- 64) Salazar, H., & Landa, C. (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chinchá, Tantara y Castrovirreyña. *Boletín de la Carta Geológica Nacional N° 44*. Lima: INGEOMET.
- 65) Santibáñez, F., & Uribe, J. (2001). Climatología agrícola. *Agenda del Salitre*. Sociedad Química y Minera de Chile, 117-138.
- 66) Sanz, M. (2012). Cambio climático y agricultura. *Seminario Internacional : Agroecología - Cambio Climático – Cooperación*. (pág. 5). Madrid: SEAE.
- 67) SENAMHI. (2013a). Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas. Lima: Ministerio del Ambiente.
- 68) SENAMHI. (2013b). Normales decadales de temperatura y precipitación, calendario de siembras y cosechas. Lima: MINAGRI.
- 69) SENAMHI. (2013c). Atlas evapotranspiración referencial. Lima: MINAGRI.

- 70) Sherwood, S. (2009). Katalysis: Ayudando a los agricultores andinos a sobrellevar el cambio climático. *Leisa revista de Agroecología* 24 (4), 22-23.
- 71) Shi, X., & Xie, Y. (2014). Characteristics of air temperature change in Guanzhong region in recent 48 years. *Journal of Natural Disasters*, 135-140.
- 72) Sifuentes, E., Albujar, E., Contreras, S., León, C., & Moreyra, J. C. (2016). Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera 2015. Lima: MINAGRI.
- 73) Sugiura, T., Kuroda, H., Sugiura, H., & Honjo, H. (2005). Prediction of effects of global warming on apple production regions in Japan. *Phyton - Annales Rei Botanicae*, V45, 419-422.
- 74) Sugiura, T., Mariguchi, T., Ogawa, H., & Fukuda, N. (2013). Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. *Scientific Reports* 3, Article number: 2418., 2418 (1-7).
- 75) Taulé, G. (28 de Mayo de 2012). Los efectos de la nubosidad en el clima. *Levante, el mercantil Valenciano*, pág. 2.
- 76) Tintaya, A. (12 de Julio de 2010). Plan de cultivo y riego - Agencia Agraria de Mala. (C. d. Figueroa Vásquez, Entrevistador)
- 77) Tomana, T., & Yamada, H. (1987). Relationship between Temperature and Fruit Quality of Apple Cultivars Grown at Different Locations. *Engei Gakkai Zasshi*, 391-397.
- 78) Toranzo, J. (2016). Producción mundial de manzanas y peras. Allen (Río Negro): INTA.
- 79) Torres-Guevara, J. (2011). Experiencias de adaptación. Taller internacional clima andino: Cambio climático conocimientos ancestrales y contemporáneos en la región andina. (págs. 69-84). La Paz: Soluciones Prácticas ITGP.

- 80) USDA. (1999). Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Washington: United States Department of Agriculture.
- 81) Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y sus efectos en el Perú. Lima: Banco Central de Reserva Perú.
- 82) Vásquez, J. (1984). Variedades de Manzana y Melocotón cultivadas en Guatemala. Quetzaltenango: ICTA.
- 83) Vásquez, J. (1988). Manual sobre el cultivo de manzana en el altiplano de Guatemala. Quetzaltenango: ICTA.
- 84) Vázquez, L. (2011). Manejo de plagas en sistemas agrícolas afectados por eventos extremos del cambio climático. III Congreso Latinoamericano de Agroecología (págs. 1-8). Oaxtepec: REDAGRES.
- 85) Villalpando, I. (1985). Metodología de la investigación en agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIFAP, SARH, INIFAP. México.
- 86) Wei, Q., Zhang, J., Mao, Z., & Li, J. (2003). Optimum meteorological factors and climate divisions of apple for good quality. The journal of applied ecology, 713-719.
- 87) Weinberger, H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. American Society for Horticultural Science. N°56, 122-128.
- 88) Yuri, J. A. (2002). El receso en frutales. Pomáceas: Boletín técnico Universidad de Talca, volumen 2, número 4, 1-6.
- 89) Zhang, J.-X., Yue, Y.-L., Wei, Q.-P., Wang, X.-W., & Zhang, Q. (2010). Effects of debagging time and picking off leaf on fruit quality of "Red Fuji" apple. The journal of applied ecology , 52.

ANEXOS

Anexo 1. Formaciones ecológicas, sistema de clasificación de zonas de vida, Holdridge.

Formación ecológica	Área (km ²)	%	Altitud msnm	Sectores de uso
Desierto sub-tropical 0-800 msnm	152.33	6.53	0-400	Área agrícola de valle.
			400-800	Área agrícola de quebrada.
			0-400	Pampas eriazas.
			300-750	Área de lomas.
			0-100	Área hidromórfica y salinizada.
			0-800	Colinas y montañas sin vegetación.
Matorral desértico sub-tropical 800-2000 msnm	351.26	15.06	800-2000	Área agrícola de quebrada y pendiente.
			800-2000	Montañas con malezas poco densas.
Estepa espinoso montano bajo 2000-3000 msnm	363.08	15.57	2000-3000	Área agrícola de quebradas y laderas.
			2000-3000	Montañas con malezas densas.
Estepa montano 3000-3800 msnm	349.2	14.98	3000-3600	Área agrícola de laderas.
			3000-3800	Montañas húmedas.
			3500-3800	Bosques residuales.
Páramo muy húmedo sub-alpino 3800-4800 msnm	988.44	42.38	3800-4800	Montañas y praderas naturales.
			3800-4800	Bosques residuales.
Tundra pluvial alpino 4800-5000 msnm	127.76	5.48	4800-5000	Laderas y montañas pluviales.
Fuente. ONERN (1976).				

Anexo 2. Los principales 50 países productores de manzana (t).

País	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
China	27,865,889	29,850,772	31,684,433	33,265,186	35,986,667	38,492,519	39,684,118
EEUU	4,122,880	4,369,591	4,402,069	4,214,599	4,275,113	4,110,051	4,081,608
Turquía	2,457,845	2,504,490	2,782,365	2,600,000	2,680,075	2,889,000	3,128,450
Polonia	1,039,967	2,830,658	2,626,273	1,877,906	2,493,078	2,877,336	3,085,074
Italia	2,230,191	2,210,100	2,325,653	2,204,972	2,411,201	1,991,312	2,216,963
India	1,624,000	2,001,000	1,985,000	1,777,200	2,891,000	2,203,400	1,915,000
Francia	2,143,670	1,701,752	1,803,370	1,788,433	1,857,349	1,384,852	1,737,482
Chile	1,400,000	1,504,101	1,330,617	1,624,242	1,588,347	1,625,000	1,709,589
Irán	2,660,000	2,718,775	2,000,000	1,662,430	1,842,972	1,700,000	1,693,370
Rusia	2,342,000	1,122,400	950,000	992,000	1,200,000	1,403,000	1,572,000
Argentina	1,000,000	950,000	950,000	1,050,000	1,043,512	947,486	1,245,018
Brasil	1,115,379	1,124,155	1,222,885	1,279,124	1,338,995	1,339,771	1,231,472
Ucrania	754,900	719,300	853,400	897,000	954,100	1,126,800	1,211,400
Uzbekistán	502,500	585,000	635,000	712,000	769,363	855,000	937,000
México	505,078	511,988	561,493	584,655	630,533	375,045	858,608
Sudáfrica	708,089	770,741	817,698	724,232	781,124	795,758	811,523
Alemania	1,070,036	1,046,995	1,070,678	834,960	898,448	972,405	803,784
Corea del Norte	635,000	680,564	719,608	752,020	752,300	785,000	780,000
Japón	840,100	910,700	845,600	786,500	655,300	793,800	741,700
Pakistán	441,575	441,062	366,360	525,855	598,804	556,307	606,016
Marruecos	426,816	404,310	422,572	444,861	512,407	485,642	583,046
Hungría	170,901	568,600	575,368	496,916	292,810	650,595	552,400
España	721,178	661,724	601,979	645,918	670,264	481,500	546,400
Egipto	557,944	550,743	508,833	493,119	455,817	541,239	546,164
Corea del Sur	435,686	470,865	494,491	460,285	379,541	394,596	493,701
Rumania	475,370	459,016	517,491	552,860	620,362	462,935	493,405
Argelia	190,010	260,967	267,469	378,637	404,105	397,529	455,937
Nueva Zelandia	421,000	446,000	431,000	450,000	445,000	448,000	438,952
Canadá	405,089	426,858	435,490	371,025	394,758	273,919	382,001
Austria	477,882	551,356	485,609	488,954	546,741	471,420	375,336
Serbia	245,228	235,601	281,868	239,945	265,576	178,713	332,255
Holanda	391,000	375,000	407,000	334,000	418,000	281,000	314,000
Bielorrusia	262,928	379,809	431,573	525,552	190,829	511,471	311,462
Rep de Moldavia	218,189	255,086	209,594	207,903	268,842	281,849	307,246
Australia	270,476	265,481	295,134	264,401	299,778	289,064	288,878
Portugal	245,471	237,011	263,146	212,902	247,229	220,761	287,314
Siria	280,247	360,700	360,978	393,146	307,760	349,166	256,614
Azerbaiyán	187,003	205,021	204,237	211,665	223,067	234,771	246,685
Grecia	251,650	234,700	259,637	239,100	255,800	251,000	243,800
Bélgica	358,000	335,000	310,600	343,980	228,405	220,400	228,900
Tayikistán	111,000	185,500	148,000	156,000	183,300	218,300	227,000
Reino Unido	243,100	242,900	229,000	235,450	239,890	203,550	217,240
Suiza	276,939	258,530	251,054	201,641	327,500	233,556	211,492
Perú	136,744	135,209	137,208	143,861	149,561	146,774	156,350
Líbano	125,200	125,200	138,100	140,000	150,000	155,000	153,151
Kazajistán	101,66	94,740	117,970	107,150	114,650	129,700	143,860
Kirguistán	122,000	90,900	113,500	111,000	127,700	137,000	143,000
Croacia	80,174	80,201	93,355	106,865	112,931	44,765	128,211
República Checa	115,814	154,063	141,996	99,801	84,594	118,709	121,803
Túnez	102,000	110,000	110,000	126,000	128,000	111,000	120,000
Resto de países	1,334,540	1,335,312	1,339,678	1,249,581	1,360,183	1,340,778	1,465,742
Mundo	65,200,338	69,050,547	71,007,632	70,585,832	76,053,681	77,488,544	80,822,520

Anexo 3. Principales países importadores de manzana (t).

País	2008	2009	2010	2011	2012
Rusia	1,062,904	1,108,205	1,204,175	1,157,724	1,278,551
Alemania	613,288	622,564	621,502	665,662	614,362
Reino Unido	481,809	455,671	460,722	459,068	482,049
China	294,228	299,663	336,646	351,071	321,647
Holanda	396,415	360,250	324,406	310,635	311,095
México	188,423	222,209	221,301	198,481	235,893
España	227,886	238,712	253,496	253,056	231,378
Egipto	72,035	49,138	107,133	168,459	221,771
Francia	147,827	161,085	170,464	137,770	206,688
Canadá	166,181	182,119	191,717	198,618	202,609
Arabia Saudita	156,727	50,747	176,572	181,280	187,139
India	71,204	98,895	93,264	179,015	186,368
Indonesia	139,819	153,512	197,487	212,685	183,859
EEUU	165,282	155,775	191,579	147,789	183,453
Emiratos Árabes	157,799	158,680	155,753	149,763	156,720
Bélgica	177,735	172,279	146,035	166,053	155,406
Bielorrusia	50,404	62,186	60,324	100,486	145,674
Tailandia	105,660	121,058	128,981	123,414	133,09
Bangladesh	87,314	138,197	161,402	142,886	126,500
Argelia	92,565	118,388	109,905	128,620	124,555
Kazajstán	57,071	145,716	121,552	112,399	122,523
Austria	115,921	59,890	73,375	95,697	111,483
Malasia	89,843	97,489	102,851	97,413	101,967
Omán	34,522	24,548	27,059	22,787	97,451
Suecia	91,674	83,277	84,414	91,151	96,449
Colombia	62,521	71,929	84,838	90,208	96,070
Ucrania	176,871	251,394	198,065	102,479	93,510
Viet Nam	134,237	168,627	122,217	100,833	92,507
República Checa	69,325	61,314	71,034	71,083	83,105
Filipinas	72,939	76,248	70,237	72,319	77,460
Lituania	174,981	79,801	51,481	52,515	68,223
Dinamarca	69,985	77,092	77,248	77,392	66,041
Libia	28,423	37,916	50,998	27,667	65,670
Rumania	39,279	31,937	36,981	42,724	59,790
Brasil	55,042	61,343	76,879	96,565	57,920
Portugal	70,210	63,097	56,043	57,494	53,051
Irlanda	61,103	58,805	53,208	53,768	52,350
Polonia	39,422	22,197	39,630	61,898	51,450
Ecuador	44,348	41,670	50,619	51,666	51,415
Noruega	52,307	52,026	52,191	51,449	51,261
Iraq	7,680	94,543	449,167	88,724	51,157
Serbia	16,914	12,797	29,346	32,311	47,471
Singapur	47,177	45,819	47,749	44,274	46,695
Finlandia	51,276	49,454	47,821	49,441	45,778
Nepal	21,139	6,676	37,400	49,179	45,324
Perú	28,289	39,780	47,759	39,456	43,511
Eslovaquia	40,188	37,269	53,745	49,855	43,037
Italia	60,836	37,212	41,324	37,013	37,315
Jordania	20,990	29,697	27,016	28,714	35,010
Venezuela	46,204	31,703	15,069	31,172	34,438
Resto de países	635,851	623,628	692,719	772,719	700,988
Mundo	7,372,073	7,504,227	8,302,899	8,084,900	8,369,227

Anexo 4. Producción de manzana por variedad en EEUU (x 1000 t)

Variedad	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Braeburn	90	81	79	72	77	55	51	79	79
Cameo	34	31	35	32	22	18	23	30	30
Cortland	52	53	51	52	45	46	24	54	52
Cripps Pink	50	64	60	54	73	68	88	69	83
Empire	95	94	110	127	116	124	62	124	131
Fuji	362	331	395	360	389	357	463	397	466
Gala	485	528	569	531	616	647	691	627	738
Golden Delicious	471	423	498	499	453	441	440	502	554
Granny Smith	435	378	420	373	361	367	441	412	463
Honeycrisp	0	42	52	56	85	109	133	74	108
Idared	104	97	85	125	78	98	33	105	104
Jonagold	31	24	26	24	25	21	28	26	30
Jonathan	89	69	73	97	59	76	29	81	81
Mc Intosh	218	224	197	218	181	186	109	218	216
Newtown	19								
Northern Spy	38	34	30	51	19	26	7	35	33
Red Delicious	1,244	1,074	1,086	1,056	1,032	1,013	1,011	1,141	1,246
RI Greening	43								
Rome	202	172	185	213	150	152	105	189	192
Stayman	26	22	26	22	21	20	20	24	25
York	78	76	76	84	76	74	87	84	96
Other	290	306	318	355	333	376	265	366	402
Total EEUU	4,456	4,123	4,371	4,401	4,211	4,274	4,11	4,637	5,129

Anexo 5. Tabla de interpretación de análisis de suelos (Departamento académico de suelos UNALM, 2011).

- **Textura.**

Gruesa: arena, arena franca.

Moderadamente gruesa: franco arenoso.

Media: franco, franco limoso, limo.

Fina: franco arcilloso arenoso, franco arcilloso-limoso, franco arcilloso.

Muy fina: arcilla arenosa, arcilla limosa, arcilla.

- **pH.**

≤ de 4.4: extremadamente ácido.

4.5 - 5.0: muy fuertemente ácido.

5.1 - 5.5: fuertemente ácido.

5.6 - 6.0: moderadamente ácido.

6.1 - 6.5: ligeramente ácido.

6.6 - 7.3: neutro.

7.4 - 7.8: ligeramente alcalino.

7.9 - 8.4: moderadamente alcalino.

8.5 - 9.0: fuertemente alcalino.

≥ de 9.1: muy fuertemente alcalino.

- **Conductividad eléctrica (interpretación de salinidad).**

0 - 2 dS/m: no salino.

2 - 4 dS/m: escaso.

4 - 8 dS/m: ligeramente salino.

8 - 16 dS/m: moderadamente salino.

> 16 dS/m: fuertemente salino.

- **Carbonato de calcio.**

Bajo: menos de 1%

Medio: 1 a 5%

Alto: 5 a 15%

Muy alto: mayor a 15%

- **Materia orgánica.**

Bajo: menos de 2%.

Medio: 2 a 4%.

Alto: más de 4%.

- **Fósforo disponible.**

Bajo: menos de 7 ppm.

Medio: 7 a 14 ppm.

Alto: más de 14 ppm.

- **Potasio disponible.**

Bajo: menos de 100 ppm.

Medio: 100 a 240 ppm.

Alto: más de 240 ppm.

- **Relaciones catiónicas.**

Ca/Mg: 5 - 8.

Ca/K: 14 - 16.

Mg/K: 1.8 - 2.5.

K/Na: mayor a 1.5.

- **Acidez cambiabile.**

Bajo: menos de 50%.

Medio: 50 a 70%.

Alto: más 70%.

- **Capacidad de intercambio catiónico.**

Muy bajo: menos de 5 cmol(c)/kg.

Bajo: 5.1 a 10 cmol(c)/kg.

Medio: 10.1 a 25 cmol(c)/kg.

Alto: 25.1 a 40 cmol(c)/kg.

Muy alto: mayor a 40 cmol(c)/kg.

Anexo 6. Análisis de agua, muestreo huerta N°13.

ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE : INSTITUTO HUAYUNA

PROCEDENCIA : LIMA/CAÑETE/MALA

N° Laboratorio		0360
N° Campo		Mala
pH		6.68
Conductividad eléctrica	dS/m	0.90
Calcio	meq/l	4.83
Magnesio	meq/l	1.01
Potasio	meq/l	0.07
Sodio	meq/l	3.30
Suma de cationes		9.21
Nitratos	meq/l	0.03
Carbonatos	meq/l	0.00
Bicarbonatos	meq/l	3.90
Sulfatos	meq/l	0.98
Cloruros	meq/l	4.20
Suma de aniones		9.11
Sodio	%	35.83
RAS		1.93
Boro	ppm	0.80
Clasificación		C3-S1

Anexo 7. Encuesta social realizada.

Completar y/o marcar con un aspa (X), la alternativa seleccionada

1. Datos personales.

Nombre:	Edad:
	Zona:

2. Educación, marque su grado de instrucción

Primaria	
Secundaria	
Secundaria y capacitación técnica	

3. Dimensión de huerta, marque la que corresponde a su realidad.

Hasta 1 hectárea	
De 1.1 a 5 hectáreas	
Más de 5 hectáreas	

4. Ciclo familiar, ¿con quién vive usted?.

Solo o con su pareja (núcleo).	
Familia con hijos en edad escolar (expansión).	
Familia con mayores de edad e independientes (senescente).	

5. Tenencia de la tierra, marcar alternativa que corresponda.

Terreno propio	
Terreno trabajado en asociación con otro	
Terreno alquilado	

6. Prioridad en el trabajo, marcar alternativa que corresponda.

Trabajo exclusivamente agrícola	
Trabajo agrícola complementado por otra(s) actividad(es)	
Trabajo en otra actividad, complemento con el trabajo agrícola	

7. Acceso a servicios públicos en su casa (colocar sí o no).

Agua potable	
Desagüe	
Luz eléctrica	
Acceso a teléfono (señal celular)	
Acceso a transporte público	

8. Acceso a agua de riego en la huerta, marcar alternativa que corresponda.

Dotación de agua es deficiente todo el año y limita los cultivos.	
Dotación de agua es suficiente en temporada de lluvia y deficiente en temporada de estiaje.	
Dotación de agua es suficiente para mis cultivos todo el año.	

9. Cultivo más importante en la huerta, marque su realidad.

Manzana Delicia	
Cultivos anuales y secundario manzana Delicia	
Otro frutal y secundario manzana Delicia	

10. Opina usted que el clima ha cambiado la última década (2007-2017).

No ha cambiado nada el clima	
Sí, el clima ha cambiado de forma irregular	
Si, el clima ha cambiado en forma permanente	

Si ha cambiado en forma permanente, mencione el cambio.....

11. Opinión sobre el fenómeno El Niño de 1997-1998, cómo afectó el rendimiento de su cultivo de manzana Delicia.

No le afectó en nada	
Afectó, tuve menor rendimiento en esa campaña	
Afectó, tuve menor rendimiento en esa campaña y en la siguiente también.	

12. Marque el principal perjuicio del fenómeno El Niño de 1997-1998.

Desbordes del río	
Menor rendimiento en cultivo	
Colmatación de canales de riego y bocatomas	
Más presencia de plagas	
Aparecieron nuevas plagas	
La planta creció de forma diferente, más hojas poca fruta.	
La planta tuvo caída de flores y frutos exagerado.	

Algún otro cambio que no esté en el listado.....

13. Si SENAMHI pronostica para el próximo año un fenómeno El Niño de igual intensidad al ocurrido en 1997-1998, ¿Qué harías?

Nada, me encomiendo al santísimo.	
No sé, buscaría apoyo en la agencia Agraria de Mala, u otra institución que me recomiende ¿Qué hacer?	
Yo sé qué hacer para implementar medidas de manejo que me asegure un buen rendimiento.	

14. Caso hipotético, los próximos años la temperatura aumentará 2°C y habrá menor dotación de agua, se recomienda implementar un sistema de riego tecnificado y acondicionar un reservorio de geo-membrana con una inversión de S/5000. ¿Qué harías?

Tengo ahorros o familiares que me pueden habilitar para asumir esa inversión.	
No tengo el efectivo, pero tengo el aval para un préstamo.	
No tengo forma de conseguir el efectivo ni aval para préstamo, no sabría qué hacer.	

Anexo 8. Prueba de normalidad, data histórica de la temperatura media mensual.

Prueba de normalidad

Estación	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capilla 2	0.156	12	0.200	0.906	12	0.190
Santa Enriqueta	0.185	12	0.200	0.893	12	0.128
Huarocharí	0.217	12	0.123	0.928	12	0.359
Minay	0.161	12	0.200	0.898	12	0.150

Se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tener menos de 30 datos a evaluar en cada estación meteorológica.

P-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0 . La variable sigue una distribución normal.

P-valor $< \alpha$, se acepta H_1 . La variable no sigue una distribución normal.

Normalidad		
P-valor ($T \bar{x}$ Santa Enriqueta)= 0.128	>	$\alpha=0.05$
P-valor ($T \bar{x}$ Capilla 2)= 0.190	>	$\alpha=0.05$
P-valor ($T \bar{x}$ Minay)= 0.150	>	$\alpha=0.05$
P-valor ($T \bar{x}$ Huarocharí)= 0.359	>	$\alpha=0.05$
Resultado. Los datos de la variable temperatura media, sigue una distribución normal en las estaciones: Santa Enriqueta, Capilla 2, Minay y Huarocharí.		

Anexo 9. Estación Santa Enriqueta, estadísticos descriptivos de la temperatura media data histórica y la media de 1997 – 1998.

Descriptivos				
Temperatura (°C).			Estadístico	Error típico
Santa Enriqueta \bar{x} histórico	Media		20.8350	0.72584
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	19.2374	
		Límite superior	22.4326	
	Media recortada al 5%		20.7828	
	Mediana		20.3850	
	Varianza		6.322	
	Desviación típica		2.51440	
	Mínimo		17.98	
	Máximo		24.63	
	Rango		6.65	
	Amplitud intercuartil		5.17	
	Asimetría		0.341	0.637
	Curtosis		-1.542	1.232
Santa Enriqueta \bar{x} 1997-1998	Media		22.3058	0.68626
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	20.7954	
		Límite superior	23.8163	
	Media recortada al 5%		22.2498	
	Mediana		21.5950	
	Varianza		5.651	
	Desviación típica		2.37728	
	Mínimo		19.46	
	Máximo		26.16	
	Rango		6.70	
	Amplitud intercuartil		4.84	
	Asimetría		0.462	0.637
	Curtosis		-1.291	1.232

Anexo 10. Estación Capilla 2, estadísticos descriptivos de la temperatura media data histórica y la media de 1997 – 1998.

Descriptivos				
Temperatura media (°C).			Estadístico	Error típico
Capilla 2 \bar{x} histórico	Media		21.4883	0.7962
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	19.7357	
		Límite superior	23.2409	
	Media recortada al 5%		21.4576	
	Mediana		21.1400	
	Varianza		7.609	
	Desviación típica		2.75838	
	Mínimo		18.09	
	Máximo		25.44	
	Rango		7.35	
	Amplitud intercuartil		5.24	
	Asimetría		0.198	0.637
	Curtosis		-1.572	1.232
Capilla 2 \bar{x} 1997-1998	Media		22.5142	0.6492
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	21.0852	
		Límite superior	23.9431	
	Media recortada al 5%		22.4630	
	Mediana		21.7850	
	Varianza		5.058	
	Desviación típica		2.24901	
	Mínimo		20.01	
	Máximo		25.94	
	Rango		5.93	
	Amplitud intercuartil		4.52	
	Asimetría		0.483	0.637
	Curtosis		-1.496	1.232

Anexo 11. Estación Santa Enriqueta, prueba de normalidad de la temperatura media data histórica y la media de 1997-1998.

Prueba de normalidad

Temperatura media (°C)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Santa Enriqueta \bar{x} histórico	0.185	12	0.200*	0.893	12	0.128
Santa Enriqueta \bar{x} 1997-1998	0.198	12	0.200*	0.905	12	0.185

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tener menos de 30 datos a evaluar.

P-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0 : La variable sigue una distribución normal.

P-valor $< \alpha$, se acepta H_1 : La variable no sigue una distribución normal.

Normalidad		
P-valor (Santa Enriqueta \bar{x} histórico) = 0,128	>	$\alpha=0.05$
P-valor (Santa Enriqueta \bar{x} 1997-1998) = 0,185	>	$\alpha=0.05$
Resultado. Los datos de la temperatura media de la data histórica y temperatura media de los años 1997-1998, siguen una distribución normal en la estación Santa Enriqueta.		

Anexo 12. Estación Capilla 2, prueba de normalidad de la temperatura media data histórica y la media de 1997-1998.

Pruebas de normalidad

Temperatura media (°C)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capilla 2 \bar{x} histórico	0.156	12	0.200*	0.906	12	0.190
Capilla 2 \bar{x} 1997-1998	0.184	12	0.200*	0.877	12	0.080

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tener menos de 30 datos a evaluar.

P-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0 : La variable sigue una distribución normal.

P-valor $< \alpha$, se acepta H_1 : La variable no sigue una distribución normal.

Normalidad		
P-valor (Capilla 2 \bar{x} histórico)= 0,190	>	$\alpha=0.05$
P-valor (Capilla 2 \bar{x} 1997-1998)= 0,080	>	$\alpha=0.05$
Resultado. Los datos de la temperatura media de la data histórica y temperatura media de los años 1997-1998, siguen una distribución normal en la Capilla 2.		

Anexo 13. Estaciones Capilla 2 y Huarochirí, prueba de normalidad de los datos históricos de la humedad relativa media.

Pruebas de normalidad

Humedad relativa media (%)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
\bar{x} Capilla 2	0.169	12	0.200 [*]	0.903	12	0.172
\bar{x} Huarochirí	0.164	12	0.200 [*]	0.881	12	0.091

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tener menos de 30 datos a evaluar.

P-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0 : La variable sigue una distribución Normal.

P-valor $< \alpha$, se acepta H_1 : La variable No sigue una distribución Normal.

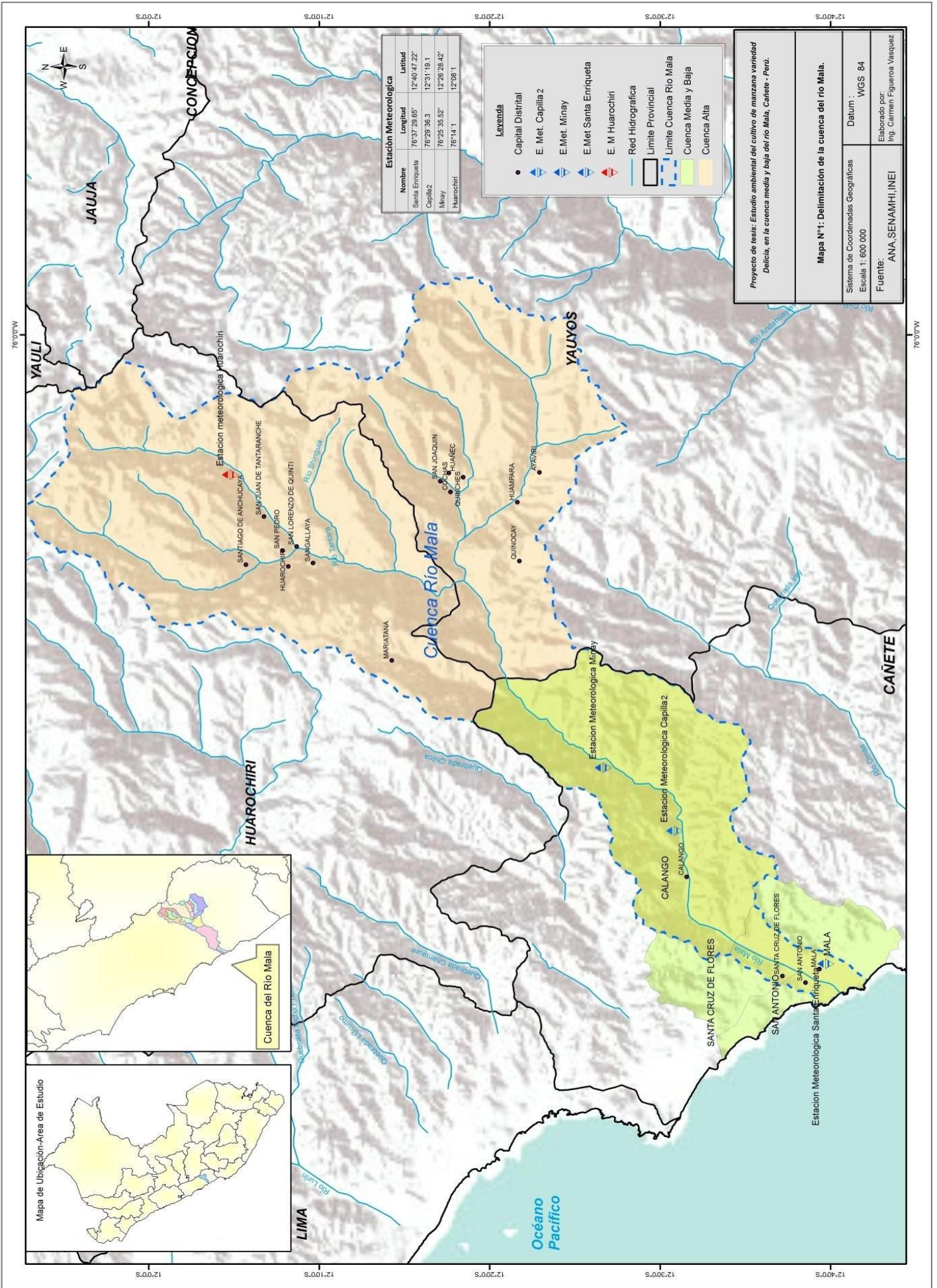
Normalidad		
P-valor (Humedad relativa \bar{x} Capilla 2)= 0.172	>	$\alpha=0.05$
P-valor (Humedad relativa \bar{x} Huarochirí) = 0.091	>	$\alpha=0.05$
Resultado. La variable humedad relativa media sigue una distribución normal, para las estaciones Capilla 2 y Huarochirí.		

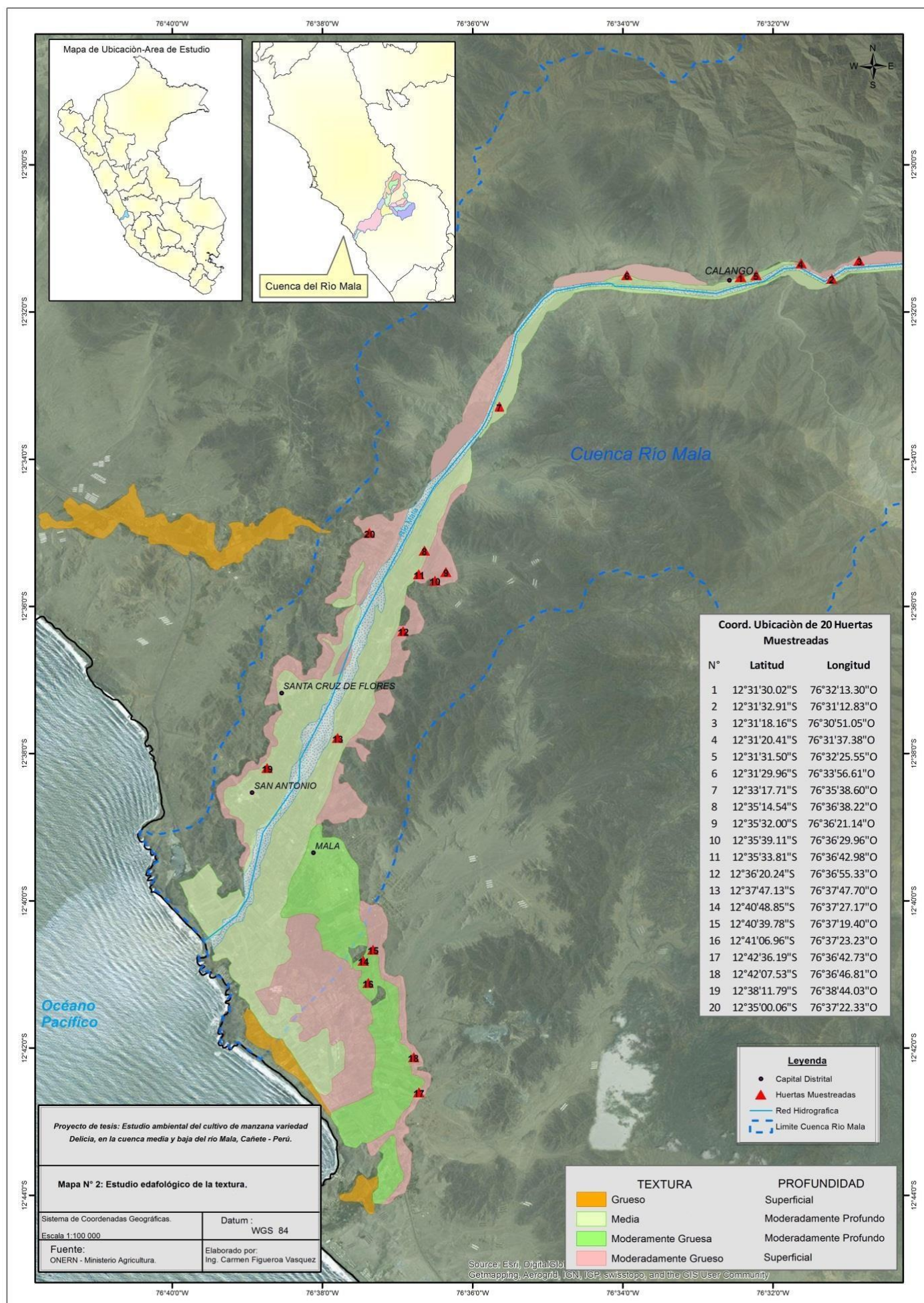
Anexo 14. Zonas media y baja de la cuenca, estadísticos descriptivos de la valoración de la calidad de suelos.

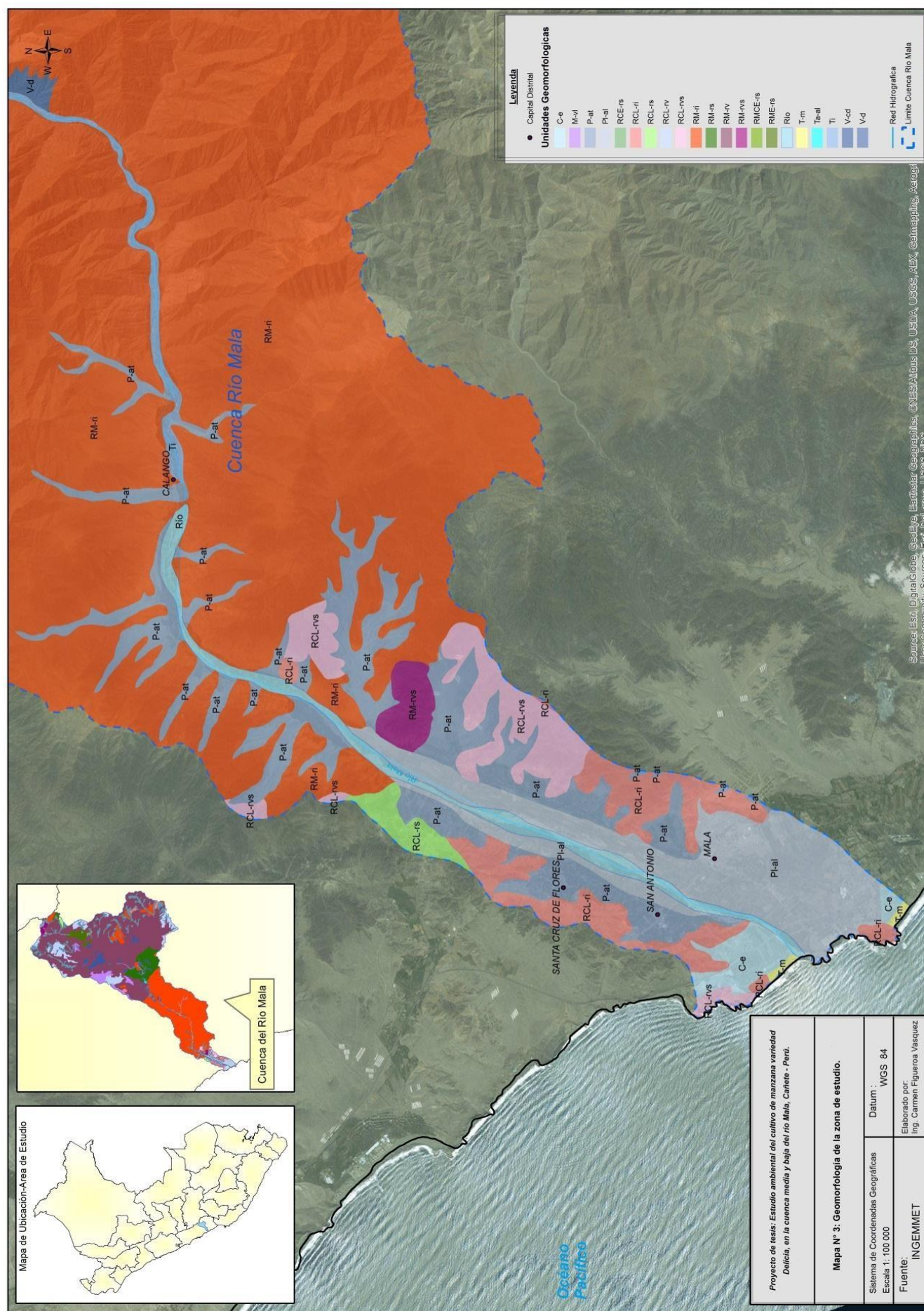
Descriptivos				
Calidad: Suelos			Estadístico	Error típico
Zona media	Media		2.9675	0.167
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2.5718	
		Límite superior	3.3632	
	Media recortada al 5%		2.9639	
	Mediana		2.955	
	Varianza		0.224	
	Desviación típica		0.473	
	Mínimo		2.25	
	Máximo		3.75	
	Rango		1.50	
	Amplitud intercuartil		0.71	
	Asimetría		0.107	0.752
	Curtosis		-0.069	1.481
Zona baja	Media		2.8258	0.106
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2.5918	
		Límite superior	3.0598	
	Media recortada al 5%		2.8248	
	Mediana		2.8300	
	Varianza		0.136	
	Desviación típica		0.368	
	Mínimo		2.17	
	Máximo		3.50	
	Rango		1.33	
	Amplitud intercuartil		0.44	
	Asimetría		-0.098	0.637
	Curtosis		0.229	1.232

Anexo 15. Detalle de encuestas realizadas según zona, distrito y género.

Cuenca del río Mala	Distrito	Género		Total
		Masculino	Femenino	
Zona baja	Mala	26	14	40
	San Antonio	13	1	14
	Santa Cruz de Flores	4	2	6
Zona media	Calango	38	2	40
Total		81	19	100

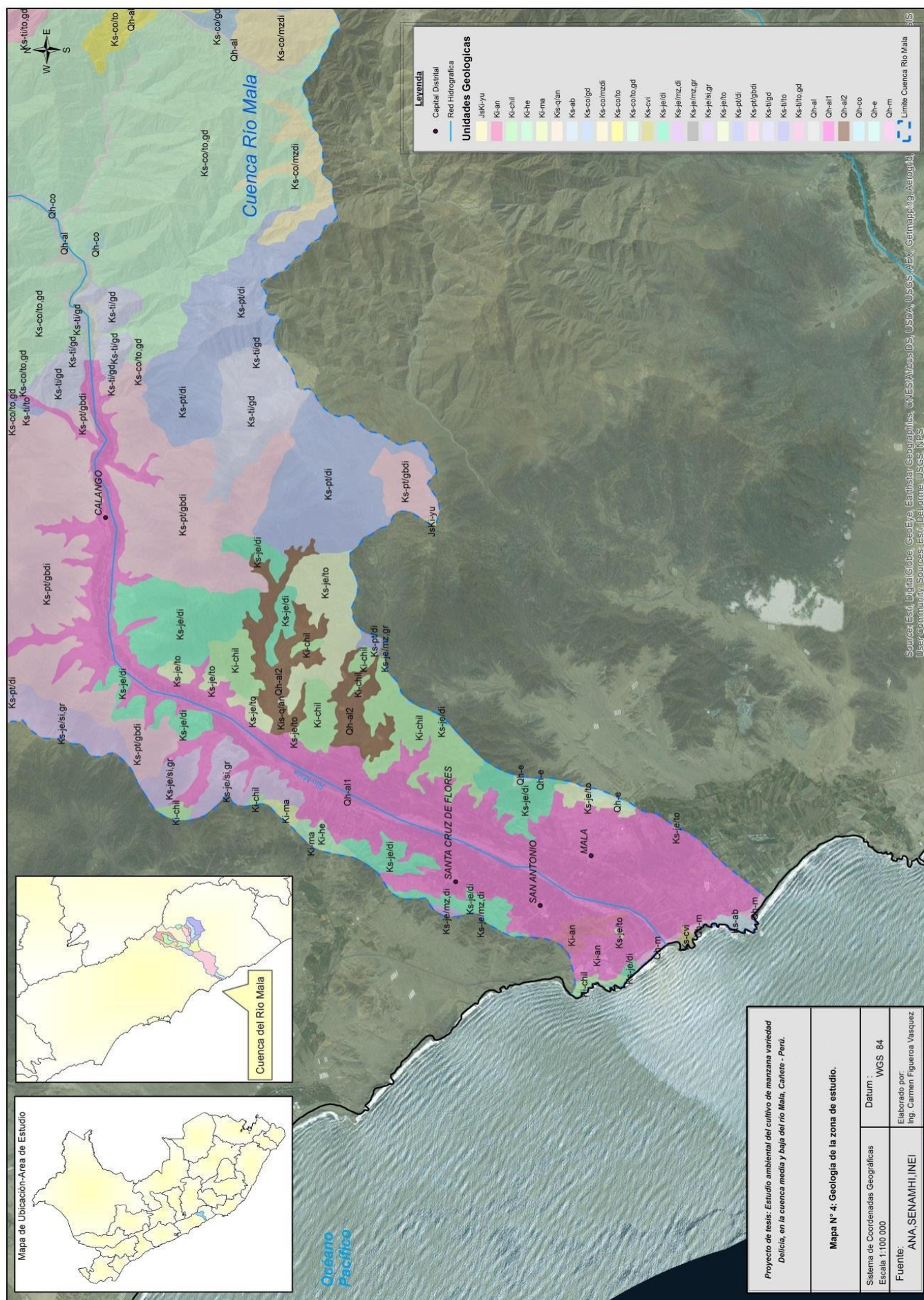






Leyenda del mapa N°3: Geomorfología de la zona de estudio.

Leyenda	Descripción
C-e	Costa emergente o de regresión reciente
M-vl	Meseta volcánica lávica
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
Pl-al	Llanura o planicie aluvial
RCE-rs	Colina estructural en roca sedimentaria
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva
RCL-rs	Colina y lomada en roca sedimentaria
RCL-rv	Colina y lomada en roca volcánica
RCL-rvs	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
RMCE-rs	Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
RM-rv	Montaña en roca volcánica
RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria
Río	Cauce del río
Ta-al	Terraza alta aluvial
Ti	Terraza indiferenciada
T-m	Terraza marina
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
V-d	Vertiente coluvial de detritos
VII-gl	Valle glacial



Leyenda del mapa N°4: Geología de la zona de estudio.

LEYENDA	DESCRIPCIÓN
JsKi-yu	Grupo Yura
Ki-an	Subvolcanico, Andesita
Ki-chil	Fm. Chilca
Ki-he	Fm. Herradura, areniscas de grano medio intercaladas con lutitas fisibles
Ki-ma	Fm. Marcavilca, areniscas cuarzosas de grano medio a fino
Kis-q/an	Grupo Casma, Fm. Quilmana, lavas andesíticas
Ks-ab	Subvolcanico, Andesita-basáltica
Ks-co/gd	Superunidad Cochahuasi, granodiorita
Ks-co/mzdi	Superunidad Cochahuasi, monzodiorita
Ks-co/to	Superunidad Cochahuasi, tonalita
Ks-co/to,gd	Super Unidad Cochahuasi/tonalita-granodiorita
Ks-cvi	Complejo volcanico/igneo de Bujama, Totorita
Ks-je/di	Super Unidad Jecuan/diorita
Ks-je/mz,di	Super Unidad Jecuan/monzodiorita
Ks-je/mz,gr	Super Unidad Jecuan/monzogranito
Ks-je/si,gr	Super Unidad Jecuan/sienogranito
Ks-je/to	Super Unidad Jecuan/tonalita
Ks-pt/di	Super Unidad Patap/diorita
Ks-pt/gbdi	Superunidad Patap, gabrodiorita
Ks-ti,gd	Superunidad Tiabaya, granodiorita
Ks-ti/to	Super Unidad Tiabaya, tonalita
Ks-ti/to,gd	Super Unidad Tiabaya, tonalita-granodiorita
Qh-al	Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
Qh-al1	Dep. Aluviales 1 - Gravas, arenas mal seleccionados en matriz arenolimososa.
Qh-al2	Dep. Aluviales 2 - Cantos, gravas, arenas mal seleccionados en matriz arenolimososa.
Qh-co	Depositos coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa.
Qh-e	Depositos eolicos: Arenas cuarzosas de grano medio a fino, bien seleccionadas, con moderado contenido.
Qh-m	Depositos marinos